ARC
0868

257.1

Library of the Museum

OF

COMPARATIVE ZOÖLOGY,

AT HARVARD COLLEGE, CAMBRIDGE, MASS.

Founded by private subscription, in 1861.

Deposited by ALEX. AGASSIZ.

No. 7383

Apr. 18 1887 - Mar. 26, 1888

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

Fortsetzung des von REIL, REIL u. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT u. DU BOIS-REYMOND herausgegebenen Archives.

HERAUSGEGEBEN

VON

Dr. WILH. HIS und Dr. WILH. BRAUNE,
PROFESSOREN DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG,

UND

Dr. EMIL DU BOIS-REYMOND,
PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1887.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG.

9633
57-9

LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1887.

ARCHIV

FÜR

PHYSIOLOGIE.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG DES

ARCHIVES FÜR ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

UNTER MITWIRKUNG MEHRERER GELEHRTEN

HERAUSGEGEBEN

VON

Dr. EMIL DU BOIS-REYMOND,

PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1887.

MIT ABBILDUNGEN IM TEXT UND ACHT TAFELN.

LEIPZIG,

VERLAG VON VEIT & COMP.

1887.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Inhalt.

Ueber Karyokinese.

Von

W. Waldeyer.[1]

Die Erscheinungen, welche wir unter dem Namen der „Karyokinese" begreifen, beruhen im Wesentlichen in dem Auftreten von deutlich sichtbaren, leicht färbbaren, fadenähnlichen Structuren wechselnder Gestalt in den Zellkernen während der Theilung derselben. Diese Structuren sind, bevor sie als allgemeines wichtiges Vorkommniss erkannt und registrirt wurden, bereits mehrfach gesehen und abgebildet worden. So weit wir wissen, hat Henle in seiner Splanchnologie (1865, S. 355) bei den Hodenzellen die erste Abbildung karyokinetischer Figuren gegeben. Auch Heller und A. Kowalevsky (1869), dann W. Krause (1870) fügen, wenn wir hier die botanischen Arbeiten zunächst unberücksichtigt lassen, sich als Beobachter karyokinetischer Thatsachen, ohne jedoch eine richtige Deutung derselben zu liefern, an.

Die Ehre der Entdeckung der karyokinetischen (indirecten, metamorphotischen, mitotischen) Kerntheilung als eines regelmässigen Phaenomens, mit allen den drei Haupterscheinungen: der chromatischen Kernfigur, der achromatischen Spindel und den Polsternen, gebührt dem Breslauer Zoologen A. Schneider, damals in Giessen. In seiner Abhandlung: „Untersuchungen über Plathelminthen" in den *Jahrbüchern der Oberhessischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde* (1873), bringt er für die Theilung von Ei- und Spermazellen, aber auch von Gewebszellen gewisser Plattwürmer (Mesostomum) die hierhergehörigen Daten bei.

Die Schneider'sche Arbeit wurde, ihrer Publication in einer wenig verbreiteten Zeitschrift halber, kaum bekannt, und so konnten denn seine

[1] Vortrag, gehalten im Berliner Verein für innere Medicin. Aus der *Deutschen medicinischen Wochenschrift* (Nr. 1—4; bez. vom 7., 14., 21., 28. Januar 1886) mit Zusätzen des Verfassers und mit Erlaubniss der Redaction abgedruckt.

Entdeckungen kurze Zeit darauf in ganz unabhängiger Weise zum zweiten Male von Bütschli[1] und H. Fol[2] gemacht werden. Dr. Schleicher, ein Schüler van Bambeke's in Gent, führte 1878[3] den Namen „Karyokinesis", d. h. Kernbewegung, für die Summe der hier in Rede stehenden Erscheinungen ein, während Mayzel in Warschau, besonders aber Strasburger in Bonn, W. Flemming in Kiel und neuerdings Rabl in Prag unsere Kenntniss der betreffenden Vorgänge am meisten gefördert haben. Vor Allen ist Flemming zu nennen, dessen Darstellung bei dem Streite der Meinungen meist den Sieg davon getragen hat und auch in den meisten Stücken durch die neueste vortreffliche Darstellung von Rabl[4] bestätigt wird. Für einzelne weitere Daten der Entwickelung unseres Wissens über die karyokinetischen Vorgänge wird sich im Laufe der Darstellung noch Platz ergeben. Genauere litterarhistorische Angaben finden sich bei Strasburger und Flemming in deren monographischen Darstellungen: „Zellbildung und Zelltheilung, 3. Aug. 1880" (Strasburger) und „Zellsubstanz, Kern und Zelltheilung", Leipzig, 1882 (Flemming), ferner bei Rabl, auf welche Arbeiten hier verwiesen sein mag.

Dass die Zellen und deren Kerne sich durch Theilung vermehren, hat für die Pflanzen und überhaupt zuerst H. v. Mohl in Tübingen 1835 gezeigt, für die Thiere, und zwar für embryonale Blutzellen, Remak in Berlin im Jahre 1841. Sie alle wissen, dass Letzterer und Virchow, durch zahlreiche Untersuchungen auf normalem und pathologischem Gebiete der Zelltheilung, gegenüber der Lehre von einer Generatio spontanea der Zellen, allmählich das Feld erobert haben, so dass heute Virchow's Satz: „Omnis cellula e cellula", was die überhaupt bekannt gewordenen Thatsachen anlangt, unbestrittene Geltung hat. Aber, wie erfolgt die Zelltheilung?

Das von Remak entworfene Theilungs-Schema nimmt an, dass sich die Sache in der Reihenfolge vom Kernkörperchen durch den Kern zum Zellenleibe fortschreitend abwickele. Zunächst zerfalle der Nucleolus in zwei Stücke, dann der Kern und endlich der Zellkörper. Der Vorgang wäre also, wenigstens seiner äusseren Erscheinung nach, ein sehr einfacher. Selbstverständlich hat man sich bei der Betrachtung dieser Theilungsform nicht verhehlt, dass man nichts vom Wesen des so hochwichtigen Processes wisse, nichts von den Kräften, welche dabei wirksam sind, noch von den Ursachen,

---

[1] *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie.* 1875. Bd. XXV. S. 426.

[2] Sur le développement des Ptéropodes. *Archives de Zoologie* par Lacaze-Duthiers. 1875. T. IV.

[3] *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.* 1878. S. 418, und *Archiv für mikroskopische Anatomie.* Bd. XVI. S. 248.

[4] *Morphologisches Jahrbuch.* 1884. Bd. X. S. 214.

welche eine Zelle zur Theilung bringen. Man war sich vollkommen darüber klar, dass auch die Beobachtungen der in Rede stehenden Vorgänge noch sehr primitive seien, und hier musste zunächst die weitere Forschung einzusetzen haben.

Als namhafter Fortschritt darf es bezeichnet werden, dass durch Stricker und Klein in Wien, dann besonders durch Franz Eilhard Schulze und Ranvier der Theilungsvorgang bei einzelligen Thieren (Amoeben) und farblosen Blutzellen (Leucocyten) direct unter dem Mikroskope von Anfang bis zu Ende verfolgt wurde. Nach den Schilderungen F. E. Schulze's bei Amoeba polypodia[1] streckte sich zuerst der Nucleolus in die Länge, dann erschien er hantelförmig, dann liess sich zwischen den beiden Hantelknöpfen nur noch ein dünner Verbindungsfaden wahrnehmen, dieser riss durch, und nun sah man zwei Nucleoli im Thier. Ganz gleichzeitig gingen damit dieselben Veränderungen an dem hellen Kernhofe um den Nucleolus einher. Der ganze Vorgang der Kern- und Kernkörperchentheilung, welcher also hier in einem Acte zusammen ablief, dauerte etwa $1^1/_2$ Minuten. Darauf begann sich der Zellenleib zu strecken in derselben Richtung, wie vordem die Nuclei und Nucleoli, und es erfolgten nun in ganz ähnlicher Weise: Einschnürung, bandartiges Ausziehen der Verbindungsbrücke und endlich das Durchreissen derselben. Von besonderen Erscheinungen war nichts wahrzunehmen; nur ist hervorzuheben, dass an der Verbindungsbrücke des Zellkörpers keine Pseudopodien sichtbar wurden, während sie an den beiden Theilstücken in entgegengesetzter Richtung, wie auseinanderstrebend, recht deutlich hervortraten. Die Theilung des Zellkörpers beanspruchte $8^1/_2$ Minuten, so dass der ganze Vorgang in etwa 10 Minuten abgespielt hatte. Ich habe den Vorgang in ähnlicher Weise bei einer Infusorienart aus dem Rectum des Frosches wiederholt beobachtet; er verlief nur noch etwas schneller, in 7 bis 8 Minuten.

Ranvier[2] giebt für die Leucocyten des Axolotl, deren Theilung er beobachtete, eine Dauer des Vorganges von nahezu $1^1/_2$ Stunden an (bei gewöhnlicher Zimmertemperatur); am Kern wurden auffallende Formveränderungen wahrgenommen, die von Ranvier jedoch als passive, einzig allein durch die amoeboiden Bewegungen des Protoplasma's bedingt, angesehen werden.

Auf die Beobachtungen von Stricker[3] und E. Klein[4] gehe ich hier nicht näher ein, da sie zwar die ersten sind, welche durch directe Beobach-

---

[1] *Archiv für mikroskopische Anatomie.* 1875. Bd. XI. S. 592.

[2] Recherches sur les éléments du sang. *Travaux du laboratoire d'histologie.* Année 1875. p. 1.

[3] *Studien aus dem Institute für experimentelle Pathologie zu Wien.* I. 1870. 3. Artikel: „Ueber die Zelltheilung in entzündeten Geweben."

[4] *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.* 1870. S. 17.

tung den Vorgang der Theilung des Zellenleibes feststellen, jedoch über das Verhalten des Kerns beim Theilungsacte keine Aufschlüsse bringen.

Ich habe absichtlich diesen Vorgang der Kern- und Zelltheilung, wie er also durch Remak erschlossen und durch die eben genannten Autoren direct beobachtet worden ist, hier vorangestellt, zunächst um das Eigenthümliche der karyokinetischen Theilung um so besser hervorheben zu können und dann, weil wir später sehen werden, dass dies alte Schema der Kerntheilung im Wesentlichen auch bei den karyokinetischen Formen unverändert zu Recht bestehen bleibt.

Diesem Remak'schen Schema, welches wir mit Flemming als „directe Kerntheilung“ bezeichnen wollen, oder auch als „amitotische Theilung“ nach demselben Autor, ist nun in der „mitotischen Theilung“ („Karyomitosis“, Mitosis, indirecten Theilung, Flemming — „karyokinetischen Theilung“, „Karyokinesis“ Schleicher) eine andere Form der Theilung gegenübergestellt worden, deren äussere Erscheinung in vielen Punkten von der directen abweicht. Das Auffallende und Charakteristische dieser Theilungsform besteht darin, dass das Kernkörperchen, so wie der äussere Umriss des Kerns schwinden — oder sagen wir lieber „zu schwinden scheinen“ — dafür aber, wie schon eingangs bemerkt, höchst eigenthümliche Fadenfiguren an der Stelle des Kerns auftreten, die in bestimmter gesetzmässiger Folge Gestalt und Lage verändern, dann nach zwei Seiten auseinanderrücken und die Grundlage zweier Tochterkerne bilden. Da wo diese entstehen, treten auch im Protoplasma schon frühzeitig eigenthümliche strahlige Figuren, „Sterne“, „Astern“, „Sonnenfiguren“, auf; der Kerntheilung folgt dann in gewöhnlicher Weise die Zelltheilung nach. Der Lage- und Gestaltveränderung der Kernfäden wegen, hat Schleicher, wie bemerkt, dem ganzen Vorgange den Namen der „Karyokinesis“ oder der „karyokinetischen“ Theilung gegeben, während die von Flemming vorgeschlagenen Bezeichnungen: „Mitosis“, „Karyomitosis“ sich auf die Erscheinung des genannten Fadenwerkes beziehen.[1] Der Name „indirecte“ Kerntheilung ist wohl nur im Gegensatze zur „directen“ Kerntheilung gegeben worden, sonst erscheint er, wie auch Flemming zugiebt, wenig passend.

Ich schildere Ihnen nun zunächst an der Hand einiger grösstentheils nach Rabl copirten Abbildungen, sowie nach dessen Darstellung den Gang einer Karyomitosis, muss aber in Kürze das Wesentlichste vom Baue eines nicht in Theilung begriffenen, sogenannten „ruhenden“ Kerns voraufschicken.

Man unterscheidet an den meisten solcher Kerne (s. Fig. 1): das „Kerngerüst“ (Netzwerk), die „Kernkörperchen“ (Nucleolen), den Kernsaft (R. Hert-

---

[1] *κάρυον*, Nuss, Kern; *κίνησις*, Bewegung; *μίτος*, Faden.

wig) — Zwischensubstanz (Flemming) – und vielfach noch eine äussere Hülle, die „Kernmembran“.

Ohne auf die ansehnliche, an Controversen reiche Literatur über diese Dinge weiter hier einzugehen, ist es doch nöthig, einige Details näher zu erörtern:

Das Kerngerüst stellt unter gewöhnlichen Verhältnissen (im sogenannten Ruhezustande) des Kerns ein Netzwerk von deutlichen, theils schwächeren, theils stärkeren Fäden oder Strängen dar, deren Anordnung nach den vorhandenen Beschreibungen und Abbildungen der meisten Autoren eine bestimmte Regelmässigkeit und Gesetzmässigkeit nicht verrathen. Einige

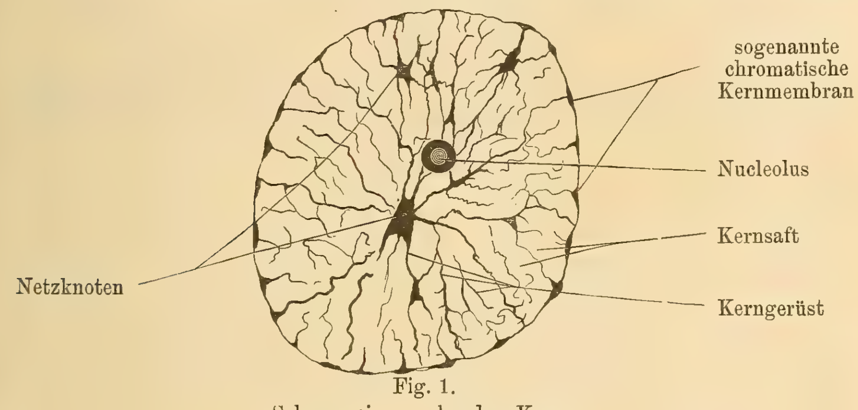


Fig. 1.
Schema eines ruhenden Kerns.

Beobachter dagegen, wie zuerst wohl Balbiani,[1] dann Flemming, und neuerdings Rabl[2] haben auf eine besondere und regelmässige Anordnung der Gerüstfäden in Kernen bestimmter Organe und bei bestimmten Thieren hingewiesen. Balbiani und Rabl gehen so weit, eine regelmässige Anordnung als etwas allgemeines, allen ruhenden Kernen zukommendes anzunehmen. Verhielte es sich so, so wäre dies für die Deutung der Erscheinungen der Karyokinese sehr wichtig; Rabl hat in der That auf eine derartige Bedeutung der Gerüstfigur der ruhenden Kerne ausdrücklich hingewiesen. Er unterscheidet „primäre“, Kernfäden von „secundären“. Die ersteren sind meist excentrisch im Kern angeordnet und laufen so um die Oberfläche des Kerns herum, dass sie an einer Stelle desselben, dem „Polfelde“ (Rabl) Schlingen bilden, deren Scheitel eben dieses Polfeld umkreisen, während sie an der ungefähr gegenüberliegenden Seite frei mit den Schlingenschenkeln auslaufen, und zwar ohne dass hier eine besondere Anordnung der letzteren erkennbar wäre. Diese Seite des Kerns, an der also ein besonderes Polfeld nicht vorhanden ist,

[1] Sur la structure du noyau des cellules salivaires chez les larves de Chironomus. *Zoologischer Anzeiger.* 1881. Nr. 99 und Nr. 100.

[2] Ueber Zelltheilung. *Morphologisches Jahrbuch.* Bd. X.

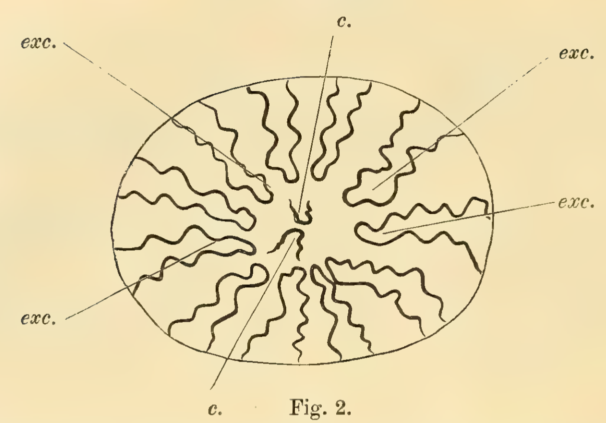


Fig. 2.

Kern: I. Stadium der Karyokinese, „Dichter Knäuel" — Kern vom Polfelde aus gesehen. *exc.* = excentrisch gelegene Fadenschlingen. — *c* = centrale, aus der Tiefe des Kerns auftauchende Schlingen.

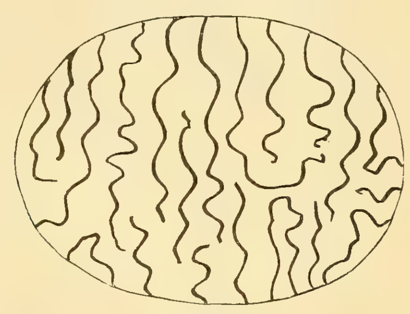


Fig. 3.

I. Stadium der Karyokinese, „Dichter Knäuel". — Kern von der Gegenpolseite aus gesehen.

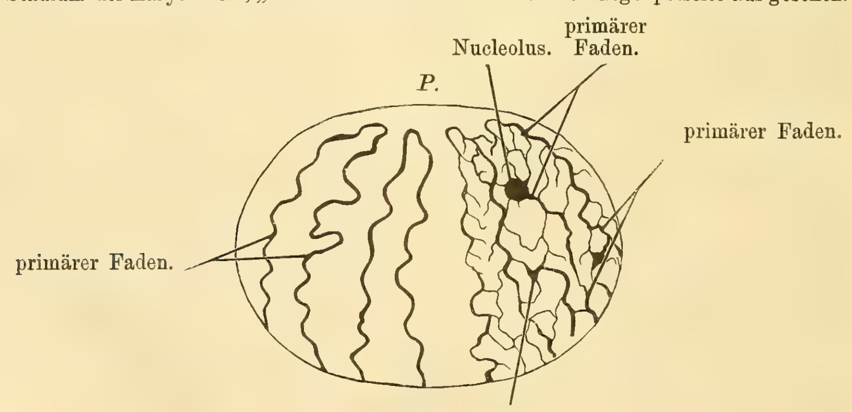


Fig. 4. Knotenpunkt.

Schema eines ruhenden Kerns nach Rabl; links nur die primären Fäden, rechts auch die secundären, welche die netzartige Verbindung herstellen, gezeichnet. Auch eine nucleolenförmige Bildung und Knoten rechts. — Seitenansicht; Polfeld = *P.*

nennt Rabl die „Gegenpolseite“. Zur Erläuterung mögen Figg. 2, 3 und 4 dienen. In Fig. 2 sieht man die zum Polfelde gekehrten Schlingenscheitel, in Fig. 3 ist die Gegenpolseite wiedergegeben. Beide Figuren entsprechen jedoch nicht dem Zustande des ruhenden Kerns, sondern dem I. Stadium der Karyokinese, wobei die secundären Fäden geschwunden sind und nur die primären hervortreten. Fig. 4 giebt an der rechten Seite des dargestellten Kerns das Schema der Fadenanordnung beim ruhenden Kern, nach Rabl's Vorstellung; links sind nur die primären Fäden gezeichnet. Der Kern ist in der Seitenansicht gedacht, das Polfeld (*P.*) oben, die Gegenpolseite unten. Rechts, dem Ruhezustande des Kerns entsprechend, lassen sich noch zwei primäre Fadenschlingen einigermaassen erkennen, jedoch gehen von ihnen zahlreiche netzförmig untereinander und mit den primären Fäden verbundene secundäre Fäden aus und an einzelnen Stellen hat sich die Fadensubstanz in kleinen knotenförmigen Massen (Netzknoten) zusammengeballt. Auch ein runder Nucleolus ist sichtbar. Man sieht leicht ein, dass die primären Fäden desto schwerer erkennbar werden müssen, je mehr die Substanz, aus der sie bestehen, in die secundären Fäden ausstrahlt und in Knotenpunkten sich anhäuft. So komme es, meint Rabl, dass im ruhenden Kerne die regelmässige Anordnung in Fadenschlingen mit Polfeld und Gegenpolseite verwischt erscheine; sie könne aber jeden Augenblick wieder hergestellt werden, wenn auf irgend eine Weise die Filarsubstanz veranlasst werde, in die Hauptbahnen der primären Fäden zurückzukehren. Hierin eben liegt die Wichtigkeit der besprochenen Regelmässigkeit der Fadenstructur für die Karyokinese. — Wir werden später darauf zurückkommen.

Vor der Hand müssen wir noch gewisser Eigenthümlichkeiten in dem Verhalten des Kerns und seiner Bestandtheile zu chemischen Reagentien und Farbstoffen gedenken, so wie auch die ausser dem Gerüst noch vorhandenen Bestandtheile: Kernkörper, Kernmembran und Kernsaft kurz besprechen.

Verdünnte Säuren, Essigsäure, Ameisensäure u. A. lassen das Gerüst sowie die Kernkörper deutlich hervortreten, chromsaure Salze machen dagegen beiderlei Bildungen undeutlich, Wasser macht sie quellen. In fast allen Farbstoffen — von den gewöhnlich gebrauchten nenne ich: saures Carmin, Haematoxylin, Saffranin — färben sich die Gerüstfäden wie die Nucleolen sehr intensiv, während die übrige Masse des Kerns, der zwischen den Gerüstfäden liegende sogenannte „Kernsaft“, ungefärbt bleibt, oder doch nur eine ganz schwache Färbung wahrnehmen lässt.

Dieser Unterschied im Verhalten gegen Farbstoffe hat Flemming veranlasst im Kern sogenannte „chromatische Substanzen“ von den „achromatischen“ zu unterscheiden. Zu den ersteren rechnet er die in Alaun-

carmin und in Anilinfarben tief und intensiv färbbare Substanz der Gerüstfäden und der Nucleolen, zu den letzteren die nicht färbbaren geformten Theile, wie z. B. die später zu besprechende bei der Theilung auftretende „Spindelfigur“. Er nennt die färbbare Substanz des Kerngerüstes geradezu: „Chromatin“.[1] Das Chromatin, meint er, gestützt auf Versuche von Zacharias, sei vielleicht identisch mit dem Nuclein oder einem Derivat des letzteren. Offen bleibt noch die Frage, ob das Gerüstwerk und die Nucleolen lediglich aus Chromatin bestehen oder noch andere Substanzen enthalten und ob, wie Retzius will, der Kernsaft keine Spur von Chromatin führt.

Wichtig erscheint bezüglich der ersteren Frage die von Balbiani und Pfitzner entdeckte Thatsache, dass die chromatischen Fäden — und es ist dies namentlich deutlich während der Karyokinese zu beobachten — aus regelmässig angeordneten Körnchen (Kügelchen) von der Gestalt kurztonnenförmiger Scheiben (Strasburger) — Chromatinkugeln (Pfitzner), Mikrosomenscheiben, Strasburger,[2] — zusammengesetzt sind. Der Befund dieser Kugeln macht es wahrscheinlich, wie es bereits Flemming vertreten hat, dass in dem Fadengerüst des Kerns noch eine achromatische Grundmasse vorhanden ist, in welcher die stark färbbaren Mikrosomenscheiben (Chromatinkugeln) eingebettet sind. Auch Strasburger, (a. a. O.) nimmt eine solche Zwischensubstanz (Hyaloplasma) in geringer Menge an, während Pfitzner[3] an ihrem Vorhandensein zweifelt.

Was man unter „Kernkörper“ verstehen solle, ist noch nicht sicher ausgemacht. Allgemein bekannt ist, dass die sogenannten Kernkörper meist rundliche Bildungen sind, die sich scharf von den übrigen Bestandtheilen des Kerns abheben, und die, wie wir oben erwähnten, sich ebenfalls intensiv färben lassen. Zweifelhaft ist aber ihre Beziehung zum Kerngerüst. Die Einen — ich nenne Flemming und Pfitzner — halten die Nucleolen für verschieden vom Kerngerüst; sie seien als besondere Bildungen innerhalb des letzteren aufzufassen, hingen nicht mit den Gerüstfäden zusammen, sondern seien von ihnen getrennt, wenn sie ihnen auch „an-

[1] Pfitzner ist im Gebrauche der Worte Chromatin und Achromatin, welche von Anderen (Strasburger z. B.) wohl mit Recht perhorrescirt werden, noch weiter gegangen. Als „Chromatin“ bezeichnet er mit Flemming die färbbare Substanz des Kerngerüstes. Da die Nucleolen sich bei den Tinctionen etwas anders verhalten und auch sonstige Verschiedenheiten zeigen, nennt er deren Substanz „Prochromatin“, womit zugleich angedeutet werden soll, dass dieselbe eine Vorstufe des Chromatins bilde. Für den „Kernsaft“, der übrigens in gewissen Farbstoffen tingirbar ist, behält er den von Flemming für diesen aufgegebenen Namen „Achromatin“ bei, giebt dagegen der Substanz der Spindelfigur, da diese sich anders verhält als der Kernsaft, auch einen anderen Namen: „Parachromatin“.

[2] *Archiv für mikroskopische Anatomie.* 1884. Bd. XXIII. S. 223.

[3] *Archiv für mikroskopische Anatomie.* 1883. Bd. XXII. S. 659.

gelagert“ erschienen. Die Anderen — z. B. Klein in London, dem ich mich anschliessen möchte, und zwar auf Grund des Verhaltens der Nucleolen bei der Karyokinese — halten dafür, dass die Nucleolen nur stark verdickte Knotenpunkte des Netzwerkes der Gerüstfäden, also mit den letzteren identisch seien. Thatsache ist, dass solche verdickte Knotenpunkte innerhalb des chromatischen Kerngerüstes vorkommen. Diese müssen jedoch nach Flemming von den ächten Nucleolen unterschieden werden. Man vergleiche Fig. 1, welche neben solchen Knotenpunkten — „Netzknoten“ werden sie zum Unterschiede von den Nucleolen genannt — einen gut begrenzten rundlichen Nucleolus zeigt.

Nach Pfitzner sollen die ächten Nucleoli nie eine Verbindung mit dem Chromatingerüst zeigen und frei in den Maschen desselben liegen. Abgesehen hiervon findet Flemming auch noch Unterschiede im Lichtbrechungsvermögen und im Verhalten gegen gewisse Farbstoffe. —

Der „Kernsaft“ ist keineswegs als eine einfach wässrige Flüssigkeit anzusehen; alles spricht vielmehr dafür, dass er ebenfalls Eiweisskörper enthält. Nach Einwirkung von verschiedenen Reagentien treten feinkörnige Trübungen im Kernsaft auf; nach Flemming dürfen diese aber wohl als Gerinnungserscheinungen — besser wohl „Niederschläge“ — zu deuten sein und ist vor der Hand an Structurverhältnisse nicht zu denken

Schwierig ist die Frage nach dem Verhalten der Kernhüllen. Von allen Seiten wird zugestanden — und muss ich dem ebenfalls zustimmen — dass die Kerngerüstbalken an der Peripherie dichter zusammenschliessen und somit eine durchbrochene, korbgeflechtartige Begrenzungsschicht bilden. Von Anderen wird noch eine nicht färbbare (achromatische) Kernmembran für manche Kerne angenommen, so z. B. von Flemming, während Manche, wie Strasburger und Pfitzner, auch eine membranartige Abschliessung des an den Kern zunächst anstossenden Zellprotoplasma’s, „innere Zellmembran“, zulassen.

Wir wenden uns nunmehr zu einer Darstellung der karyokinetischen Vorgänge selbst, und zwar nach der Schilderung, welche Rabl jüngst von ihnen geliefert hat, welche aber, wie bemerkt, in fast allen wesentlichen Punkten mit der von Flemming gegebenen übereinstimmt.

Gehen wir von dem ruhenden Kerne aus, wie er in Fig. 1 dargestellt ist, so würde als erstes Stadium der Karyokinese dasjenige zu bezeichnen sein, in welchem alle secundären Fäden des Kerngerüstes, wie auch die Nucleolen und Netzknoten schwinden und deren Substanz in die primären Gerüstfäden übergeht. Fig. 4 zeigt uns, wie schon vorhin bemerkt, ein Kernschema, in welchem rechts, ausser zwei primären Fadenschlingen noch die secundären Fäden, Netzknoten und ein Nucleolus sichtbar sind, links dagegen fehlen. Denkt man sich auch rechts die secundären Fäden, Knoten

und den Nucleolus in die primären Fadenschlingen aufgenommen, so wird dann das erste Stadium der Karyokinese gegeben sein, wie es in Fig. 2, und zwar vom Polfelde aus gesehen, gezeichnet ist. Mit Flemming nennen wir dieses das „Knäuelstadium“ oder die Knäuelform, kurz: Knäuel, „Spirem“,[1] Mutterknäuel.

Gleichzeitig mit diesen Veränderungen bemerkt man eine Vergrösserung des gesammten Kerns.

Balbiani und Strasburger haben die Ansicht ausgesprochen — und Flemming's Darstellung lautet hierin beistimmend —, dass im ruhenden Kern und zu Anfang des Knäuelstadiums nur ein einziger Faden vorhanden sei, der sich vielfach winde und so eine grössere Anzahl von einander getrennter Fadenschlingen vortäusche. So schwierig es ist, wie ich nach eigener Erfahrung sagen kann, sich über diesen Punkt bestimmt zu äussern, so möchte ich doch Rabl beipflichten, wenn er meint, dass gleich von Anfang an mehrere — bei thierischen Zellen bis zu 20 — getrennte Fadenschlingen vorhanden sind.

Rabl beschreibt auch, abweichend von seinen Vorgängern, den bereits erwähnten typischen Verlauf der Fadenschlingen meist quer zur Längsaxe des Kerns mit einem freien „Polfelde“ an der „Polseite“ und mit der „Gegenpolseite“, und hebt hervor, dass die Fäden in der Mehrzahl der Fälle an der Oberfläche des Kerns verlaufen. S. Figg. 2 und 3.

Polare Strahlungsfiguren im Protoplasma der Zelle, s. Fig. 7 (Cytaster) sah Rabl in diesem Stadium noch nicht, während Flemming sie bei Eizellen zu dieser Zeit schon bestimmt gesehen hat und auch für die übrigen zur Theilung sich anschickenden Gewebszellen als früheste Erscheinung eine „dicentrische Anordnung“ des Protoplasma's annimmt, ungeachtet eine deutliche strahlige Gruppirung desselben an zwei einander gegenüberliegenden Polen noch nicht erkennbar ist.

Die beschriebene erste Knäuelfigur, die man auch als „dichten Knäuel“ bezeichnet, geht nun zunächst in den „lockeren Knäuel“ über (Fig. 5). Dieser kommt dadurch zu Stande, dass die Fäden dicker und kürzer werden und nicht so stark gewunden verlaufen. Gleichzeitig tritt aber an einigen Fäden eine quere Theilung auf, so dass die Zahl der einzelnen Schlingen etwas grösser wird. Rabl schliesst aus Flemming's Zählungen und aus eigenen, dass bei ein und derselben Thierspecies und Zellenspecies die Zahl der Fadenschlingen in diesem Stadium eine constante sei. So betrug sie z. B. bei den Epithelzellen von Salamandra stets 24. Bestimmte Zahlen für gewisse Pflanzenzellen werden auch von den Botanikern, namentlich von Strasburger und Heuser, angegeben. Diejenigen, welche, wie

---

[1] σπείρημα, Windung, Knäuel.

Strasburger und Flemming, einen einzigen Faden im vorigen Stadium annehmen, lassen denselben sich nun im Stadium des lockeren Knäuels in die einzelnen Segmente (Fadenschlingen) spalten. Wie wir sahen, lässt auch Rabl eine solche Theilung einzelner Fadenschlingen zu, da er ja aber von Anfang an mehrere Schlingen annimmt, so ist für ihn die Theilung eine viel beschränktere.

Auf den „lockeren Knäuel“ folgt nun als dritte Unterordnung des ersten Stadiums der Karyokinese der sogenannte „segmentirte Knäuel“ — so bezeichnet nach einer der wichtigsten von Flemming entdeckten und jetzt wohl allgemein angenommenen Erscheinungen der Karyokinese, nämlich der Längstheilung sämmtlicher Fadenschleifen, s. Figg. 6 und 7. Wie wir alsbald sehen werden, wird durch diese Theilung der einzelnen Fäden die Zweitheilung der gesammten chromatischen Masse des Kerns im Wesentlichen bewirkt und die nachfolgenden Erscheinungen haben nur noch den Erfolg, dass die Theilstücke auseinanderrücken und sich zu den chromatischen Fäden der beiden Tochterkerne neu gruppiren. Rabl giebt ausdrücklich an, dass er die Längstheilung der chromatischen Fäden mit dem Schluss der Knäuelphase stets vollendet gefunden habe. —

Ausser der Längstheilung der Fäden zeigt aber das in Rede stehende Endstadium des „Knäuels“ noch eine Reihe anderer bemerkenswerther Erscheinungen, und zwar zunächst das Auftreten der sogenannten „achromatischen Kernspindel“ und die beginnende Anordnung der chromatischen Fadenschlingen in eine bestimmte Stellung zu dieser Spindel.

Die vollentwickelte Kernspindel ist in Fig. 7 dargestellt; sie zeigt deutlich zwei Pole und einen Aequator. Die feinen Fäden, aus denen sie sich zusammensetzt, färben sich, wie bereits vorhin bemerkt, viel schwächer als die dickeren Fäden der chromatischen Figur, wenigstens in den von Flemming sogenannten reinen Kernfärbungsmitteln (Alauncarmin, Anilin, Bismarckbraun, Gentianaviolett, Methylgrün u. A.), während sie dagegen in manchen Carmingemischen, wie auch in Haematoxylin, Färbungen annehmen. Die Fäden sind viel zarter als die der chromatischen Figur, namentlich ist dies bei thierischen Zellen der Fall; bei pflanzlichen Elementen erscheint die Spindelfigur dagegen meist ohne weiteres sehr deutlich.[1]

Weitere Unterschiede von den chromatischen Fäden liegen darin, dass

---

[1] Die deutlichsten Spindelfiguren bei thierischen Zellen habe ich vor Kurzem in sehr schönen Praeparaten Mayzel's zu sehen Gelegenheit gehabt. Dieselben betrafen das Endothel der Descemet'schen Haut des Frosches (R. escul.); sie waren mit schwacher Chromsäure behandelt, mit Carmin gefärbt und schon seit Jahren in Glycerin aufbewahrt, ohne an Deutlichkeit zu verlieren. (Vergl. Mayzel's Arbeit in der zu Ehren Hoyer's erschienenen *Festschrift*, Warschau 1885.)

die Spindelfäden in Pepsinlösungen schwinden und in verdünnten Säuren, namentlich Salzsäure, verschärft hervortreten.

Nicht immer hat die Figur eine deutliche Spindelform, sondern zeigt, bei Pflanzen namentlich, nicht selten eine cylindrische Gestalt (cylindrisches Fadenbündel), so dass sie von den Polen angesehen, nicht einem Sterne, sondern einer punktirten Scheibe gleicht.

Ueber ihre Herkunft und Bedeutung gehen die Meinungen noch auseinander. Flemming leitet sie von den achromatischen Bestandtheilen des Kerngerüsts, eventuell auch der schwindenden Kernmembran[1] ab, führt sie also, gleich der Chromatinfigur, auf Bestandtheile des Kerns zurück, während Strasburger, eine frühere Ansicht Fol's aufnehmend, sie als von Bestandtheilen des Zellprotoplasma's abstammend ansieht. Er meint,[2] dass ein Theil des Zellprotoplasma's im weiteren Verlaufe der Karyokinese in das Innere des Kerns eindringe, dort eine streifige fadige Structur annehme und die in zwei Pole auslaufende Spindelfigur bilde. Diese Ansicht vertheidigt er, gestützt auf zahlreichere neuere Untersuchungen, namentlich an Pflanzenzellen, auch jüngst[3] auf das Entschiedenste und sieht in dem Umstande, dass die Spindel vom Zellprotoplasma abstamme und als constante Erscheinung bei der Zelltheilung auftrete, einen Beweis dafür, dass das Zellprotoplasma einen erheblichen Einfluss auf die karyokinetischen Vorgänge ausübe. Rabl, der die Sache indess nur kurz berührt, ist der Meinung, dass die Kernspindel aus dem „Kernsafte“ abzuleiten sei.

Ich muss bekennen, dass mir zur Zeit die Frage nach der Herkunft der Spindelfigur noch ungelöst erscheint. Meine Untersuchungen sind zu wenig zahlreich, als dass sie mir eine eigene Ansicht zu bilden erlaubten; indessen sprechen sie mehr zu Gunsten Flemming's und Rabl's. Ich komme später noch auf diesen Gegenstand zurück.

Die Untersuchungen Rabl's zeigen nun des Weiteren, dass die Spindelfigur ihre Lage während des Ablaufs der Theilungserscheinungen ändert, und, was besonders merkwürdig ist, dass die Fadenschlingen der chromatischen Figur dieser Lageänderung folgen. Dass sich die Fäden der Tochterkerne nach geschehener Theilung um die Pole der Spindelfigur gruppiren, ist zwar seit der Entdeckung der karyokinetischen Zelltheilung bekannt, ebenso lehrt bereits Flemming, dass die Tochterfäden den Fäden der Kernspindel entlang sich verschieben, um zu deren Polen zu gelangen; Rabl indessen hat gezeigt, dass schon vom ersten Auftreten der Spindelfigur an ein gleichsam richtender Einfluss derselben auf die chromatischen Fäden

---

[1] *Zellsubstanz, Kern und Zelltheilung.* S. 341.

[2] Siehe dessen Arbeit im *Archiv für mikroskopische Anatomie.* 1882. Bd. XXI.

[3] *Archiv für mikroskopische Anatomie.* 1884. Bd. XXIII. S. 246.

erkannt werden kann, und diese Erscheinungen spielen sich eben in der Phase des „segmentirten Knäuels“ ab.

Wann die Spindelfigur zuerst sichtbar wird (bei Salamandra), so wird sie von Rabl in der Nähe des Polfeldes gefunden, so dass ihr Aequator im Polfelde steht, während ihre Längsaxe schief zur Längsaxe des Kerns gerichtet ist. Später senkt sie sich tiefer in die Kernsubstanz ein und nimmt eine Lage der Art an, dass ihr Aequator in diejenige Ebene fällt, in der später die Theilung des Kerns erfolgt (Theilungsebene). Die

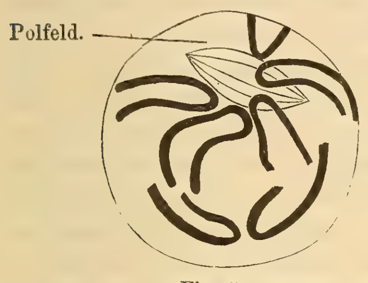


Fig. 5.
Kern: Lockerer Knäuel; erstes Auftreten der Spindelfigur.



Fig. 6.
Kern: Beginnende Längstheilung der Fäden; Ende des Knäuelstadiums.

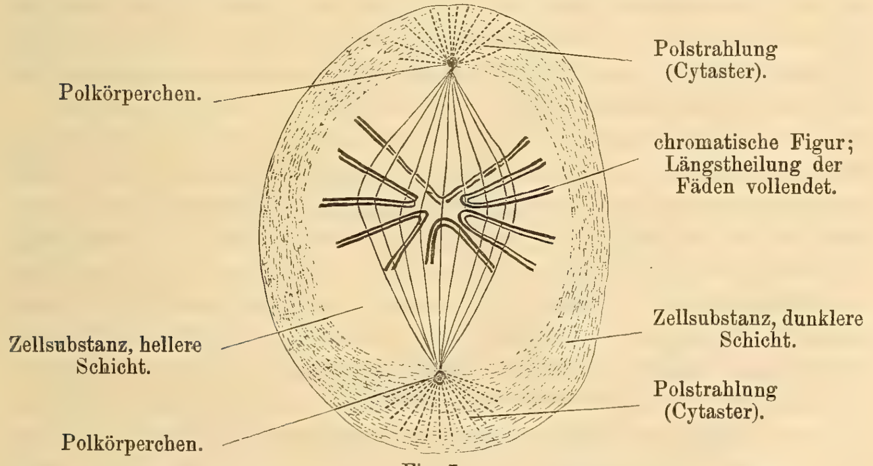


Fig. 7.
Zelle und Kern: Mutterstern (Monaster), Spindelfigur (Karyaster) und Polstrahlung (Cytaster).

Längsaxe der Spindelfigur fällt dann mit der „Theilungsaxe“ des Kerns zusammen. Fügen wir hier gleich an, dass die Theilungsaxe der Kerne nicht immer mit deren eigener Längsaxe und mit der Längsaxe der Zelle dieselbe ist, dass also z. B. eine Cylinderzelle sich nicht nur der Quere,

sondern auch der Länge nach theilen kann, wie dies u. A. Arthur Kollmann in seiner schönen Arbeit über den Tastapparat der Hand von den tiefliegendsten Zellen des Rete Malpighii gezeigt und Rabl bei Salamandra bestätigt hat. Auch schiefe Theilungen scheinen vorzukommen.

Bezüglich der Lage der chromatischen Fadenschlingen zur Kernspindel sahen wir bereits, dass die Schlingenwinkel grossentheils zum Polfelde, d. h. zum Aequator der Kernspindel hin geneigt sind. Wenn nun die Spindel sich senkt, so dass ihr Aequator mehr in die Mitte des Kerns zu liegen kommt, so folgen — und das ist eine der Haupterscheinungen dieser letzten Phase des Knäuelstadiums — die Fadenschlingen dem Aequator der Spindel, gleichsam als würden sie von ihm angezogen, und gruppiren sich nun allmählich rings um diesen Aequator, ihm ihre Scheitel zukehrend. Es ist klar, wie das auch Rabl hervorhebt, dass damit die Unterscheidung von Polseite und Gegenpolseite wegfällt und nunmehr zwei Pole am Kern auftreten, die den Polen der Spindelfigur entsprechen. S. Figg. 5, 6, 7.

Noch zweier Vorgänge, welche dem in Rede stehenden Endstadium des Knäuels angehören, muss hier gedacht werden, es sind dies die Polstrahlungen im Zellprotoplasma und das Schwinden des äusseren Kerncontours.

Die Sternfiguren im Zellprotoplasma wurden bereits vorhin berührt. Bei manchen Zellen, z. B. den Eizellen, treten sie, wie besonders Flemming hervorhebt, sehr früh auf. Bei den meisten Zellen scheinen sie aber erst mit dem Endstadium des Knäuels deutlich zu werden; die Strahlung geht von den Polen der Spindelfigur aus (Figg. 7, 9, 10, 11). — Von allen Beobachtern wird übereinstimmend angegeben, dass die Kernmembran gegen das Ende des Knäuelstadiums unsichtbar werde. Ueber ihren Verbleib sind indessen bestimmte Angaben nicht vorhanden. Strasburger hat sich am eingehendsten mit dieser Seite der Sache beschäftigt. Seiner Meinung nach, welche bereits vorhin angedeutet wurde, tritt mit dem Schwinden der Kernhülle Zellplasma in den Kernraum ein und vermischt sich hier mit dem Kernsafte, so dass der ursprüngliche Contour des Kerns ganz verloren geht und als körperlicher Ausdruck des Kerns nur die chromatische und die Spindelfigur übrig bleibt. Ja, wenn wir mit Strasburger annehmen wollen, dass die Spindelfigur auf Rechnung des eingedrungenen Zellprotoplasma's zu setzen wäre, so würde der Kern formell, von diesem Stadium an, nur noch durch die chromatische Figur repraesentirt sein. Demgemäss geben auch die Zeichnungen Strasburger's, wie auch Flemming's, Rabl's u. A., vom Endstadium des Knäuels an gerechnet, keinen Totalumriss des Kerns mehr, sondern nur einen hellen Hof um die Fadenfiguren, der aber auch mehr oder minder von der früheren Kernumrissform abweicht. Was die Vermischung von Kernsaft und dem be-

treffenden Antheile des Zellprotoplasma's anlangt, so sprechen sich, abgesehen von Strasburger, die Meisten darüber nicht mit Entschiedenheit aus. Die erwähnten hellen Höfe, in welchen nach Schwund der Kernmembran Kern- und Zellsubstanz aneinanderstossen (Fig. 7), werden namentlich von Flemming und Rabl eingehend beschrieben. Wir werden später auch auf diese Frage noch zurückkommen.

Es ist endlich noch der sogenannten „Polkörperchen“ van Beneden's Erwähnung zu thun, welche mit der völligen Ausbildnng der Spindelfigur an deren Polen auftreten (Fig. 7 u. 8). Es sind kleine, glänzende Körperchen, die als selbständige Bildungen anzusehen sind, nicht etwa als Ausdruck der Vereinigung der Fäden der Spindelfigur. Ihre Herkunft und Bedeutung ist noch unbekannt.

Auf das Stadium des Spirems, das wir bislang betrachteten und das mit der vollendeten Längstheilung der chromatischen Fäden sein Ende erreicht (Fig. 6), folgt nun das Stadium, welches als „Mutterstern“, „Aster“ „Monaster“ bezeichnet wird (Fig. 7). Das Charakteristische desselben beruht, in der Fertigstellung der Anordnung der chromatischen Fadenschlingen um die Aequatorialebene der Spindelfigur, dergestalt, dass die Schlingenscheitel sämmtlich zur Spindelfigur centralwärts gekehrt sind, die Schenkel der Schlingen zur Peripherie. Flemming hat die einschlägigen Vorgänge zuerst beschrieben. Wenn wir vorhin schon darauf hinwiesen, dass die Aequatorialregion der Spindelfigur eine Art Attractionsfeld für die chromatischen Schlingen sei, so wird eben mit dem Beginn dieses Stadiums das vollendet, was im vorigen sich einleitete und zwar in einer höchst bemerkenswerthen und interessanten Form. Die chromatischen Fadenschlingen folgen so zu sagen dem Aequator der Spindelfigur und gruppiren sich hier dicht zusammen in der erwähnten Weise. Beschaut man einen Kern vom Pol einer Spindelfigur her, so muss die chromatische Figur als Stern mit heller Mitte erscheinen, in dieser Mitte steckt als zweiter Stern die blasse Spindelfigur, deren Pol dem Beschauer zugewendet ist, s. Fig. 8. — Die längsgetheilten chromatischen Fäden erfahren zugleich eine Verdickung und Verkürzung.

Dieses Stadium ist nur von kurzer Dauer und geht rasch über in das folgende, welches früher als das der „Aequatorialplatte“, gegenwärtig als das der „Metakinesis“ bezeichnet wird.[1] In diesem vollzieht sich im

[1] Der Ausdruck „Aequatorialplatte“ (Flemming), „Kernplatte“ (Strasburger) passt wegen des Wortes „Platte“ wohl am besten für das Ende des Muttersternstadiums, wann nämlich die chromatischen Elemente am Aequator so ziemlich in eine Ebene zusammengerückt sind. Das Wort „Metakinesis“ findet bessere Verwendung für das beginnende folgende Stadium, in welchem das Auseinanderrücken der Fadenhälften beginnt; es deckt sich also nicht völlig mit dem Ausdrucke: Aequatorial- oder Kernplatte. Das Wort: „Platte“ ist übrigens nicht besonders bezeichnend für ein aus

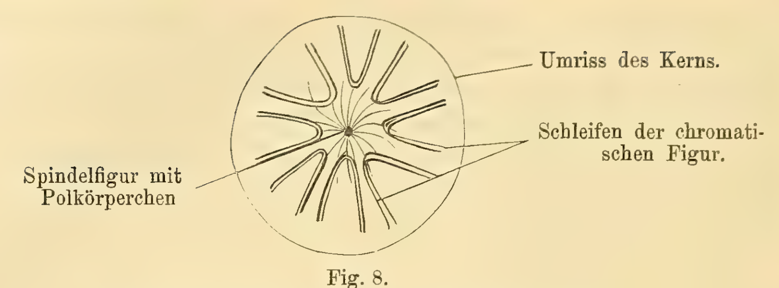
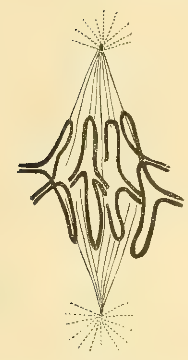


Fig. 8.
Kern: Mutterstern von einem Pole aus gesehen.



Figur 9.
Chromatische Figur, Spindel, Polstrahlung (Metakinesis I).

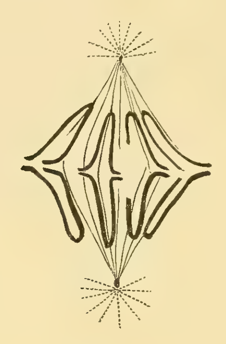


Fig. 10.
Dasselbe wie in Fig. 9 in einem späteren Stadium (Metakinesis II).

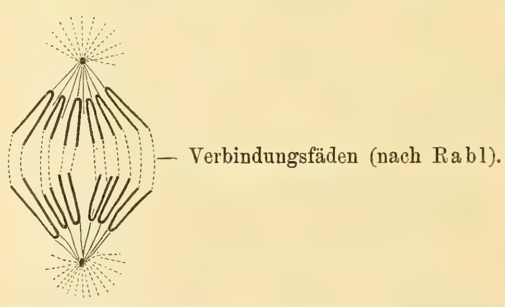


Fig. 11.
Dasselbe wie in Figg. 9 und 10. Tochtersterne. (Dyaster).

Schlingen zusammengesetztes Gebilde; doch kommen, namentlich bei Pflanzenzellen, Fälle vor, in denen die chromatischen Fäden sehr kurz sind, so dass sie Körnern gleichen; liegen solche Fadenelemente nahezu in derselben Ebene dicht aneinander, so kann allerdings der Eindruck einer „Platte“ entstehen. Mayzel in der genannten *Festschrift* bildet ein derartiges Verhalten bei den Spermatocyten von Liparis- und Sphynx-Raupen, also bei thierischen Zellen ab. Er hat dasselbe schon früher (1881) beschrieben.

Wesentlichen das Auseinanderrücken der aus der früheren Längstheilung hervorgegangenen chromatischen Schwesterfäden. Rabl hat zuerst für thierische Zellen, Heuser kurz vorher für pflanzliche, mit Bestimmtheit gezeigt, dass von den beiden secundären Fäden, welche aus einem früheren chromatischen Primärfaden hervorgehen (Schwesterfäden), der eine zu dem einen Pole der Kernspindel, der andere zum anderen Pole hinwandert. Nächst dem Nachweise der Längsspaltung der Fäden durch Flemming dürfte dieser Fund Heuser's und Rabl's wohl der bedeutendste sein, der in der neueren Zeit in Sachen der Karyokinesis gemacht wurde; durch ihn hat Flemming's Entdeckung erst ihren vollen Werth erhalten. Schon bei Flemming finden sich viele genaue Detailangaben über diese Vorgänge, und Rabl hat in jüngster Zeit eine sehr eingehende Schilderung der Metakinesis geliefert, bezüglich derer ich jedoch auf das Original verweisen möchte. Die nach Rabl copirten Figg. 9 und 10 (bei denen, wie auch in Fig. 11, der Totalumriss des Kerns nicht mehr angedeutet ist) geben eine ungefähre Vorstellung vom Gange der Dinge.

Die Metakinesis führt nun zum folgenden (4.) Stadium, dem der „Tochtersterne“ (Dyaster) Fig. 11. Dasselbe beginnt von dem Augenblicke an, wann die offenen Schlingenschenkel der zu beiden Polen, der Spindelfigur entlang, wandernden chromatischen Fäden sich nicht mehr in der Aequatorialebene berühren. Die Schlingenwinkel jeder Polhälfte nähern sich dann einander immer mehr, die offenen Schenkel gehen aus der der Spindelfigur parallelen Richtung, die sie bei der Trennung annahmen, wieder mehr in die der Aequatorialebene entsprechende über, so dass man wiederum an jedem Pol, bei der polaren Ansicht, das Bild eines Sternes, des Tochtersternes, erhält. Da die Schleifenwinkel sich hier nicht berühren, so zeigt auch jeder Tochterstern einen polaren lichten Fleck, der wie eine Delle erscheint (Hilus, Retzius). Flemming nimmt an, dass die Fädenschleifen der Tochtersterne alle gleichlang und gleichschenkelig seien, worin ihm Rabl widerspricht. Man vergl. die hier nach Rabl gezeichneten Figuren.

Als letzte Phase erscheint dann, unmittelbar aus dem Tochterstern hervorgehend, der „Tochterknäuel“, Dispirem, Flemming. Die Schleifenfäden verkürzen und verdicken sich noch mehr, und wenn wir der Darstellung Rabl's folgen, würde die polare Fläche des Tochterkerns, da, wo die eben erwähnte Delle liegt, zum Polfelde; die Schleifenschenkel biegen zum ehemaligen Aequator hin um und begegnen sich an der dorthin gewendeten Kernfläche, welche zur Gegenpolseite wird. In diesem Stadium erfolgt dann auch, wenn es zur Zelltheilung kommt, was in den meisten Fällen eintritt, die Theilung des Zellplasma's, welche im Wesentlichen unter den Erscheinungen einer immer tiefer durchgreifenden Ein-

schnürung in der Aequatorialebene vor sich geht. Vergl. über den Process der Theilung des Zellkörpers weiter unten.

Erst, wann die Zelle in zwei Hälften getheilt ist, beginnt die Umwandlung des Tochterknäuels zum ruhenden (Tochter-) Kern. Die ersten Spuren einer neuen Kernmembran treten indessen an den Tochterkernen schon vor Beginn der Zelltheilung auf, bereits mit dem Eintreten des Tochterknäuels. Woher sie stammt, ist bis jetzt ebensowenig festgestellt wie der Modus des Schwindens der Mutterkernmembran. Nach Rabl soll eine Tochterkernmembran zuerst an der Gegenpolseite sichtbar werden. Das Polkörperchen schwindet ebenfalls mit dem Beginne des Tochterknäuels. Was die chromatischen Fäden des Tochterknäuels anlangt, so beginnen sie bald zackig zu werden und Fortsätze auszusenden, mit denen sie sich unter einander verbinden, so dass wieder eine Netzform des Gerüstes herauskommt; sie verlieren dabei ihr gleichmässiges Kaliber. Rabl giebt zu, dass auch einzelne dickere Fäden mit ihren Schenkeln unter einander zu längeren Fäden verschmelzen, stellt aber, in Uebereinstimmung mit seiner Auffassung vom Baue des ruhenden Kerns, in Abrede, dass alle dicken Fadenschlingen untereinander an ihren Enden zu einem Faden verschmelzen, so dass ein einziger stark gewundener Tochterkernfaden entstehe, wie es

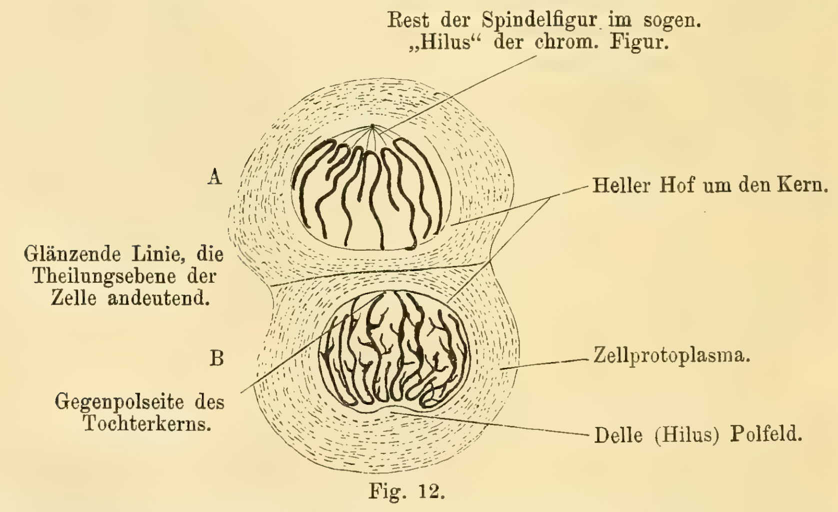


Fig. 12.

Zelle und Kern: Vollendete Kerntheilung, beginnende Zelltheilung. Der eine Tochterkern (in A) im Zustande des Tochterknäuels; der andere (in B) wieder im Zustande des ruhenden Kerns.

Flemming, Strasburger, Retzius und Heuser wollen. So geht dann aus dem Tochterknäuel wieder der „ruhende Tochterkern“ hervor, der inzwischen sammt seinem Zellprotoplasma an Grösse zugenommen hat und in

allen wesentlichen Stücken dem ruhenden Mutterkerne gleicht. Auch bei ihm sind, man vergl. Fig. 12, Hauptfäden und Nebenfäden, Polfeld und Gegenpolseite zu unterscheiden. Die Unterscheidung dieser letzteren beiden Abschnitte am ruhenden Kern wird ja, wie man sieht, grade durch den Vorgang der Karyokinese erklärlich. Wann das Kernkörperchen auftritt und wie es entsteht, darüber fehlen uns bis jetzt übereinstimmende und verlässliche Angaben.

Wir haben nun noch einige Punkte genauer zu besprechen, die bisher nur flüchtig berührt worden waren, andere, die noch nicht erwähnt wurden, nachzutragen.

In erster Linie gilt es der Spindelfigur, und den Strahlenfiguren im Protoplasma. Beide sind hier in den Abbildungen Nr. 5—11 dargestellt. Die Spindelfigur wurde zuerst abgebildet und kurz beschrieben von Alexander Kowalevsky, damals in Kiew, in dessen berühmter Abhandlung: „Embryologische Studien an Würmern und Arthropoden.“[1] Die Polarstrahlungen des Zellprotoplasma's, welche von den beiden Polen der Spindelfigur ausgehen, zeigten uns zuerst Hermann Fol in Genf[2] und A. Schneider.[3] Während Fol und Schneider die Polarstrahlung von vorn herein gut abbilden und beschreiben, ist Kowalevsky's Spindelfigur sehr unvollständig und deutet er sie als auf einer Theilung des Kernkörperchens beruhend. Erst Bütschli gab uns genauere Daten.[4] Ungeachtet zahlreicher Untersuchungen, die auf diesen Punkt namentlich von Strasburger und Mayzel gerichtet wurden, sind wir jedoch über die Herkunft und Bedeutung der Spindelfäden und Polstrahlungen noch im Unklaren. Man vergl. das vorhin darüber Geäusserte. Auch über das Endschicksal beider Bildungen wissen wir nichts. Die Fäden der Spindelfigur hängen nach den von Strasburger und Flemming gegebenen Beschreibungen von beiden Polen her im Aequator zusammen. Im Aequator kommt es nun, namentlich bei Pflanzenzellen, bei der beginnenden Zelltheilung zur Bildung kleiner knötchenförmigen Verdickungen. Die Summe dieser Knötchen bildet Strasburger's „Zellplatte“; sie bezeichnen die Theilungsebene des Kerns und der Zelle und gehen später in die Zellwand (Scheidewand) der Pflanzenzellen über. Nach Strasburger sollen dann die Reste der Spindelfäden in das Netzwerk des Zellprotoplasma's der Tochter-

---

[1] *Mémoires de l'Acad. impér. des Sciences de St. Pétersbourg.* 1871. VII. Sér. t. XVI. Nr. 12. p. 13. Taf. IV, Fig. 24.

[2] S. dessen Abhandlung: Die erste Entwickelung des Geryonideneies. *Jenaische Zeitschrift für Medicin und Naturwissenschaften.* 1873. t. VII.

[3] A. a. O.

[4] Vorläufige Mittheilung über die Entwickelungsvorgänge am Ei von Nematoden und Schnecken. *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie.* Bd. XXV. S. 201, und vorläufige Mittheilung einiger Resultate von Studien über die Conjugation der Infusorien und die Zelltheilung. *Ebenda.* 1875. S. 426.

zellen aufgenommen werden. Da bei der Theilung thierischer Zellen Scheidewandbildungen nicht vorkommen, so lassen sich knötchenförmige Verdickungen der Spindelfäden hier nicht in der Weise wie bei Pflanzenzellen erwarten. Doch sprechen Mayzel bei den Theilungen der Endothelzellen der vorderen Augenkammer und Ed. van Beneden bei den Theilungen der sogenannten „Dicyemiden", einer niederen Thierform, von ähnlichen Erscheinungen; auch Flemming, S. 246, berichtet, dass bei beginnender Einschnürung der Zelle an manchen Exemplaren im Aequator deutlichere Fäden auftreten; er vermochte jedoch nicht zu entscheiden, ob diese Fäden mit den ursprünglichen Spindelfäden zusammenhingen.

Bei Rabl lesen wir (S. 282), dass an den Polen der Tochtersterne eine helle, stark lichtbrechende Masse erscheine, die wohl „unzweifelhaft" aus dem Reste der Spindelfasern hervorgegangen sei. Auch giebt Letzterer an, dass bei dem Auseinanderweichen der Tochtersterne zwischen den beiderseitigen freien äquatorialen Enden der Schleifenschenkel feine Fäden sichtbar würden, die von einem Schenkel zu dem entsprechenden der Gegenseite zögen, s. Fig. 11. Sie seien viel weniger lichtbrechend als die Spindelfasern, doch giebt er keine bestimmte Aeusserung darüber, ob sie von den Spindelfasern verschieden seien, woher sie stammen, was aus ihnen wird. Er bildet sie jedoch ganz anders ab als die Spindelfasern. Strasburger[1] hält diese „Verbindungsfäden" offenbar für Theile der Spindelfigur.

Schliesslich sei noch bemerkt, dass Strasburger in den Spindelfasern, ähnlich wie in den chromatischen Fäden, Mikrosomen findet, allerdings viel kleiner als die Mikrosomen der chromatischen Fäden.

Mit den Polarstrahlungen haben sich die Autoren in letzter Zeit fast gar nicht beschäftigt und doch glaube ich mit Fol,[2] dass dieselben eine grosse Bedeutung beanspruchen dürfen. Auerbach,[3] einer der Ersten, welche diese Strahlungen beobachteten, hielt sie für den Ausdruck einer Auflösung des Kerns und einer Verbreitung der aufgelösten Kernmasse im Zellprotoplasma; er nannte sie deshalb „karyolytische Figuren". Einer Vermischung von Zellsaft und Kernsaft bei der Karyokinese redet auch, wie wir sahen, noch heute Strasburger das Wort; doch dürfen wir wohl die strahligen Polfiguren nicht darauf beziehen. Augenscheinlich fehlen uns zur Zeit die Hülfsmittel in der Sache weiter zu kommen und so müssen wir uns einstweilen mit ihrer Feststellung genügen lassen.

Ich gehe jetzt auf einen Punkt ein, der bis auf die neuere Zeit kaum beachtet worden ist, ich meine auf das Verhalten des Kernsaftes während

[1] *Archiv für mikroskopische Anatomie.* 1884. Bd. XXIII. S. 261.

[2] Actualités histogéniques ou embryogéniques. *Revue médicale de la Suisse romande.* IVe année. Nr. 2. 15 févr. 1884.

[3] *Organologische Studien.* Breslau 1874.

der Theilung. Wir haben schon gesehen, dass zur Zeit der Muttersternbildung jede Spur einer Kernmembran, mag man diese nun auffassen, wie man will, schwindet. Es berühren sich dann unmittelbar Kernsaft und Zellprotoplasma (Zellsubstanz), und der Gedanke liegt nahe, dass eine Mischung beider stattfinde, und dass darin die Bedeutung des Schwindens der äusseren Kernhülle zu suchen sei. In der That betont namentlich Strasburger, wie wir mehrfach erwähnten, das Eindringen von Bestandtheilen des Zellleibes in die Kernmasse und leitet er ja von diesen eingedrungenen Bestandtheilen die Spindelfigur ab. Aus den Abbildungen und Beschreibungen fast aller Autoren ist ferner ersichtlich, dass sie die Totalform des Kerns mit dem Schwinden der Membran ebenfalls vergehen lassen und Vielen mag die Meinung vorgeschwebt haben, dass dann der Kern nur durch die Spindelfigur und die chromatische Figur repraesentirt sei; wenigstens sieht man an den nach den neueren Verfahrungsweisen hergestellten Praeparaten nichts von dem Kernsaft und den früheren Umrissen des Kerns, und es wurde dem Kernsafte, der doch auch seiner Masse nach einen so wesentlichen Bestandteil bildet, im Ganzen wenig Beachtung geschenkt.

E. Sattler und mir, die wir im Jahre 1882 die Froschhornhaut unter Anwendung des Lapisstiftes auf Kerntheilungen untersuchten,[1] fiel es auf, dass wir dabei stets nur Kerntheilungsfiguren nach dem früheren Remak'schen Schema erhielten, niemals karyokinetische Figuren, während wir letztere jedoch an anders behandelten Froschhornhäuten leicht darzustellen vermochten. Wir versuchten vergebens in den Theilungsbildern der Silberkerne auch die chromatischen Figuren zu bekommen; es gelang uns nicht. Schon damals äusserten wir uns a. a. O. S. 675 folgendermaassen: „Sucht man die Differenzen der Bilder wie sie die Silberbehandlung und die Kernfärbungsverfahren ergeben, zu erklären, so scheint nur die Annahme zulässig, dass das andere Aussehen der Silberkerne auf Rechnung der achromatischen Substanz Flemming's — heute möchte ich vorziehen praeciser zu sagen, des „Kernsaftes" — zu setzen sei. Diese lässt sich bei den Kerntinctionen nicht deutlich machen, verschwindet wenigstens gegenüber den auffallenden Zeichnungen, wie sie die chromatischen Bestandtheile des Kerns während der Theilung zeigen. Das Silber zeigt stets das Bild des Gesammtkerns mit seiner chromatischen und achromatischen Substanz und man ersieht aus den geschilderten Bildern, dass die achromatische Substanz auch amoeboide Bewegungen während der Theilung zeigt, im übrigen aber bei der Theilung sich in einfacherer Weise, nach Art der früher gegebenen Theilungsschemata gerirt. Man muss daher aus den Ergebnissen der Tinctions- und der Silberbilder den Schluss ziehen, dass die mehr flüssige achromatische Kernsubstanz stets um die

---

[1] *Archiv für mikroskopische Anatomie.* 1882. Bd. XXI. S. 672.

Kernfäden erhalten bleibt, sich nicht etwa im Zellprotoplasma auflöst, sondern sich mit dem chromatischen Kerngerüste theilt; während dabei aber das Chromatin des Kerns successive die bekannten auffallenden Gestalt- und Lageveränderungen durchmacht, theilt das Achromatin sich in einfacher Weise, indem es immer eine Art Hülle um die Chromatinfiguren bildet."

Neuerdings hat nun Pfitzner in einer sehr bemerkenswerthen Arbeit [1] den factischen Beweis dafür erbracht, dass es sich in der That so verhalte. Es gelang ihm, gleichzeitig die chromatischen Fadenfiguren und die übrigen Bestandtheile des Kerns — er fasst sie, abgesehen von der Spindel, jetzt unter dem Namen „Kerngrundsubstanz" zusammen — während der Theilung sichtbar zu machen und er sah nun pari passu eine einfache Theilung der Grundsubstanz, in Form einer Durchschnürung, neben den kinetischen Vorgängen an der Fadenfigur ablaufen. Er kommt demnach zu folgenden Schlüssen:

1. Der Kern ist zu jeder Zeit ein vollständig selbständig innerhalb der Zelle gelegenes abgeschlossenes Gebilde.

2. Die Karyokinese ist der Ausdruck eines .innerhalb des Zellkernes ablaufenden Vorganges, bei welchem keine morphologischen Bestandtheile des Zellleibes activ eingreifen.

Uebrigens beobachtete Pfitzner, dass die Configuration des Kernsaftes (Kerngrundsubstanz) sich stets eng an die chromatische Figur anschloss, so dass er zu der Annahme gelangt, die Bewegungen des Chromatins seien das Primäre.

Mit dem hier Berichteten stimmen auch die Angaben von Zacharias,[2] dass stets die Abgrenzung des Kerns gegen das Zellprotoplasma deutlich sei.

Uebrigens sagt auch Strasburger, dass zwischen den auseinanderweichenden Hälften der chromatischen Figur stets Substanz sei und bleibe, dass sie sich mit theile und zum Theil zu dem einen, zum Theil zu dem anderen Tochterkerne trete; immer aber nimmt er dabei ein Hineintreten von Bestandtheilen des Zellprotoplasma's zwischen die Fadenbestandtheile des Kerns an. Dieser Annahme sind jedoch die Befunde von E. Sattler, mir und Pfitzner nicht günstig.

Ich möchte nach eben diesen Befunden jetzt die Schranke zwischen einer „directen" und „indirecten" Kerntheilung ganz fallen lassen. Es giebt nur **eine** Art der Kerntheilung und zwar, wenn wir von den Kernkörperchen absehen, nach dem Remak'schen Schema, wobei der Kern, wie später die Zelle, in einer bestimmten Ebene, der Theilungsebene, in zwei meist gleiche Hälften durchgeschnürt wird. Wir haben nur jetzt, Dank den verbesserten technischen Ver-

---

[1] Zur morphologischen Bedeutung des Zellkerns. *Morphologisches Jahrbuch* von Gegenbaur. 1885. Bd. XI.

[2] *Botanische Zeitung.* 1881. S. 169 und 827 und 1882, S. 611.

fahrungsweisen, kennen gelernt, dass dabei gewisse Bestandtheile des Kerns, die sogenannten Kerngerüste, besondere Umformungen erleiden, sich besonders gruppiren und auf ihre Art in zwei Hälften zerlegen; alles dieses aber stets innerhalb des Rahmens der sich in alter Weise theilenden Gesammtfigur.

Wenn noch vielfach die Rede davon ist, dass man bei Kerntheilungen gewisser Zellen — namentlich die Leucocyten werden genannt — die chromatischen Figuren vermisse, so muss doch betont werden, dass solche Befunde von Tag zu Tag seltener werden.[1] Namentlich ist hier auf die schönen Untersuchungen Flemming's und seiner Schüler zu verweisen, die gerade bei allen lymphoiden Zellen die karyokinetischen Figuren als die Regel erwiesen haben.[2]

Sollte es nun auch einzelne chromatinarme Kerne mit schwach entwickelter Gerüstsubstanz geben, bei denen unsere bisherigen Hülfsmittel nicht ausreichen die Umgestaltungen des Gerüstes bei der Theilung nachzuweisen, so kann das keinen Grund abgeben, zwischen einer directen und indirecten Kerntheilung — die Ausdrücke sind ohnehin nicht glücklich gewählt — zu unterscheiden. Es würde dies vielmehr nur erweisen, dass die alte von Remak festgestellte einfache Form die Grundform ist, bei der nur Modificationen auftreten in den Fällen, wo die Kerne ein deutliches Gerüst mit chromatischer Substanz enthalten.

Ich gehe noch in wenigen Worten auf abweichende Formen der karyokinetischen Processe ein. So sind wiederholt drei- und mehrpolige Figuren beobachtet worden, z. B. in pathologischen Neubildungen von J. Arnold und Martin; auch Rabl beschreibt solche von einem Haematoblasten aus der Milz von Proteus. Mayzel[3] verfolgte bei einer Axolotl-Larve die mitotische Theilung einer Bindegewebszelle in vier Stücke in vivo. Desgleichen sind dreipolige Kernspindeln bei Pflanzen beobachtet worden. Ungleich grosse Tochtersterne erwähnt Rabl. Insbesondere hat aber J. Arnold aus dem Knochenmarke sehr von dem Gewöhnlichen sich unterscheidende Formen geschildert.[4] Arnold möchte auf Grund seiner

---

[1] Nach Mayzel's Angaben fehlen z. B. die Mitosen bei der Bildung jener vielkernigen Riesenzellen, welche man im sich regenerirenden Epithel der Frosch-Cornea antrifft. (Hoyer's *Festschrift*. Taf. II. Fig. 49).

[2] Vergl. Flemming, Studien über die Regeneration der Gewebe. *Archiv für mikroskopische Anatomie*. 1884. Bd. XXIV. S. 50 und 338.

[3] *Festschrift* für Hoyer, Taf. II.

[4] Beobachtungen über Kerne und Kerntheilungen in den Zellen des Knochenmarkes. Virchow's *Archiv* u. s. w. 1883. Bd. XCIII. — Weitere Beobachtungen über die Theilungsvorgänge an den Knochenmarkzellen und weissen Blutkörperchen. *Ebenda*. 1884. Bd. XCVII. — Ueber Kerntheilung und vielkernige Zellen. *Ebenda*. Bd. XCVIII.

Befunde eine neue Eintheilung der Kerntheilungsformen aufstellen und zwar unterscheidet er: 1) Segmentirung mit den beiden Unterarten: directe und indirecte Segmentirung, 2) Fragmentirung, ebenfalls eine directe und indirecte. Erfolgt die Theilung des Kerns in der bisher besprochenen Weise, oder wie sie bei der Eifurchung geschieht, d. h. theilt sich der Kern entweder in der Aequatorialebene oder in den Meridianen (Segmentalebenen) und trennen sich dabei die meist vollkommen gleichen Theilstücke in ebenen Flächen, so haben wir die „Segmentirung". Dieselbe ist eine „indirecte", wenn sie von karyokinetischen Erscheinungen begleitet ist, anderenfalls eine directe. Bei der „Fragmentirung" (die Bezeichnung wurde ursprünglich von E. van Beneden für die directe gewöhnliche Theilung verwendet, Strasburger gebraucht sie für „Kernzerfall") ist die Trennungsfläche der Tochterkerne eine ganz beliebige unregelmässige; es werden Stücke von aussen her in unregelmässigen Trennungscontouren abgeschnürt, oder sondern sich im Inneren ab, hängen noch längere Zeit brückenartig mit dem Mutterkern zusammen. Dabei brauchen die Stücke, in die der Kern zerfällt, nicht immer ungleich gross zu sein, obgleich sie es meistens sind. Auch hierbei kommen karyokinetische Erscheinungen vor (indirecte Fragmentirung) oder sie fehlen (directe Fragmentirung).

Wie man sieht, kommt es bei der Fragmentirung im Wesentlichen wohl auf Sprossungs- oder Knospungsvorgänge hinaus; auch sprechen Arnold's Abbildungen dafür. Dass derartige abweichende Theilungsformen, die an Sprossungs- und Furchungsvorgänge erinnern, namentlich bei pathologischen Neubildungen sehr häufig sind, hat bereits Virchow wiederholt hervorgehoben, so z. B. 1857 im *Archiv für pathologische Anatomie*, Bd. XI, S. 89 und besonders in seinem Artikel über Reizung und Reizbarkeit, ebenda Bd. XIV, 1858, allerdings jedoch ohne Kenntniss der karyokinetischen Erscheinungen.

Die karyokinetischen Vorgänge sind jetzt bei Pflanzen und Thieren bereits in einer ungemein grossen Anzahl von Fällen angetroffen worden, sowohl unter normalen, als pathologischen Verhältnissen. Bezüglich der letzteren giebt uns J. Arnold in einer der soeben citirten Abhandlungen[1] schon ein stattliches Verzeichniss der bis zum Jahre 1884 darüber erschienenen Litteratur. Auch Unna[2] bespricht das Vorkommen der Karyokinese bei pathologischen Zellenbildungsprocessen.

Für die normalen Karyokinesen liefern die allbekannten Werke von

---

[1] Virchow's *Archiv* u. s. w. Bd. XCVII.

[2] Neuere Arbeiten über Kern- und Zelltheilung, *Monatsschrift für practische Dermatologie*. 1884. III. Nr. 1.

Strasburger[1] und Flemming[2] die reichste Casuistik. Man kann jetzt schon fast sagen, dass man nach directen Theilungen suchen muss, und dass sicher constatirte Beispiele dafür sehr selten berichtet sind und immer seltener berichtet werden. Man ersieht es auch aus den Aeusserungen Flemming's und Rabl's, dass es ihnen gewissermaassen Ueberwindung kostet, die directe Kern- und Zelltheilung noch aufrecht zu erhalten. Ausser den citirten Beobachtungen von Stricker und Ranvier bei Leucocyten liegt kein einziger Befund vor, der den directen Theilungsvorgang irgend einer Zelle (abgesehen von den einzelligen Thieren) *in flagranti* festgestellt hätte. Flemming und Rabl halten ihn noch für einen Theil der Leucocyten fest; Mayzel vermisste, wie bemerkt, die Mitosen bei der Bildung von Riesenzellen in dem sich regenerirenden Corneaepithel beim Frosch; auch bei Pflanzen, namentlich den Characeen, sind von Johow und Anderen dahin zu deutende Beobachtungen gemacht worden; doch müssen wir nach dem heutigen Stande der Dinge sagen: eine Kerntheilung ohne karyokinetische Erscheinungen ist ein Ausnahmefall. Ich verweise auf das vorhin bezüglich der Sattler'schen und Pfitzner'schen Befunde Gesagte und hebe nochmals hervor, dass alle Erfahrungen für das Bestehen nur einer Form der Kerntheilung sprechen, und dass die zur Zeit unterschiedene „directe" und „indirecte" Kerntheilung in eine Grundform zusammenfliessen.

Ich erwähnte vorhin, dass die Zelltheilung in der Phase der Tochterknäuelbildung einzutreten pflegt. Was nun das Nähere über die Erscheinungen der Zelltheilung anlangt, so mag hier in der Kürze erwähnt sein, dass bei thierischen Zellen, nach Flemming's Schilderung, dem Aequator der Spindelfigur entsprechend, zunächst eine Einschnürung im Zellprotoplasma erscheint. Um diese Zeit zeigt sich, wie besonders Rabl hervorhebt, das Protoplasma sehr deutlich in zwei Zonen, eine äussere dunklere und innere lichte getheilt. (S. Fig. 12.) Die innere Zone umgiebt den Kern, bez. die Tochterkerne, ohne scharfe Abgrenzung. Die Einschnürung beginnt meist einseitig und ihr entsprechend gewahrt man eine stärker lichtbrechende Substanz, die während der ganzen folgenden Durchschnürung fortbesteht und sich in Haematoxylin stärker färbt. S. Fig. 12.

---

[1] *Zellbildung und Zelltheilung.* Jena 1880. 3. Aufl. — Ueber den Theilungsvorgang der Zellkerne. *Archiv für mikroskopische Anatomie.* 1882. Bd. XXI. — Die Controversen der indirecten Kerntheilung. *Ebenda.* 1884. Bd. XXIII.

[2] S. ausser seinem citirten grossen Werke, welches auch die vollständige Geschichte und Litteratur des Gegenstandes bis 1882 enthält, noch die Abhandlungen im *Archiv für mikroskopische Anatomie*: Zur Kenntniss der Regeneration der Epidermis beim Säugethier. Bd. XXIII. 1884. S. 141; — Studien über die Regeneration der Gewebe. Bd. XXIV. S. 50 und S. 371 (1884 und 1885).

Der Theilungsprocess des Zellenleibes muss, wie Rabl bemerkt, verhältnissmässig rasch von Statten gehen, da er mit dem Tochterknäuelstadium beginnt und bereits abgelaufen ist, bevor der Ruhezustand der Tochterkerne eingetreten ist.

Ich hatte schon Gelegenheit bei der Besprechung der Spindelfigur hervorzuheben, dass an deren Fäden im Aequator bei Pflanzenzellen besondere knotenförmige Verdickungen auftreten. Dabei soll sich auch die Zahl der Spindelfäden vermehren, und, indem die Verdickungen aneinanderschliessen und sich bis zur Oberfläche der Zelle hin ausbreiten, entsteht das, was Strasburger die „Zellplatte" nennt, und welche später die „Scheidewand" zwischen den beiden Tochterzellen darstellt. Da nun, wie schon früher bemerkt, eine derartige Scheidewand bei den thierischen Zellen nicht vorkommt, so finden wir auch keine Zellplattenbildung, höchstens Anklänge derselben, von denen bereits die Rede war. Hierin liegt denn ein Unterschied zwischen dem Ablauf der Theilungsvorgänge bei Thieren und Pflanzen.

Es hat natürlich nicht an Versuchen gefehlt, den auffallenden Erscheinungen der Karyokinese von der theoretischen Seite her beizukommen. Es sind hier vor Allem — abgesehen von den Schriften Bütschli's,[1] Fol's[2] und Mark's,[3] welche das Problem der Zelltheilung und der hier in Betracht zu ziehenden physikalischen Kräfte auf breiter Grundlage behandeln — die Arbeiten von Roux[4] und Pfitzner[5] zu erwähnen. Dass die gegebenen Theorien glückliche gewesen seien, wird schwerlich behauptet werden können. Es ist immer eine missliche Sache zu theoretisiren, wenn die Thatsachen selbst noch ungenügend bekannt sind. Die Arbeit Rabl's hat gezeigt, dass in der Erforschung der letzteren noch manches zu leisten war und, da wir über die Entstehung der Kernspindel und der Polstrahlungen, über deren Verbleib, über die Kernmembran, über das Verhalten des Kernsaftes, über die chemische und physikalische Constitution der chromatischen und achromatischen Substanzen noch so gut wie gar nichts wissen, da es noch eine unausgeglichene Controverse zwischen den beiden ersten Autoritäten auf diesem Gebiete, Flemming und Strasburger, ist, in wie weit die Sub-

---

[1] *Studien über die ersten Entwickelungserscheinungen der Eizelle, die Zelltheilung und die Conjugation der Infusorien.* 1876.

[2] Recherches sur la fécondation et le commencement de l'hénogénie chez divers animaux. *Mém. de la Soc. de physique et d'hist. nat. de Genève.* 1879. T. XXVI.

[3] Maturation, Fecundation and Segmentation of Limax campestris. *Bulletin of the Museum of comparative Zoölogy.* Harvard College, Cambridge Mass. U. S. A.

[4] *Ueber die Bedeutung der Kerntheilungsfiguren.* Leipzig 1883.

[5] Ueber den feineren Bau der bei der Zelltheilung auftretenden fadenförmigen Differencirungen des Zellkerns. *Morphologisches Jahrbuch,* herausg. von Gegenbaur. Bd. VII, und Beiträge zur Lehre vom Baue des Zellkerns und seinen Theilungserscheinungen. *Archiv für mikroskopsiche Anatomie.* 1883. Bd. XXII. S. 616.

stanzen des Zellenleibes bei der Karyokinese betheiligt sind, so sind wir auch jetzt noch nicht in der Lage irgend etwas gut Begründetes über die theoretische Seite der Karyokinese auszusagen.

Indessen möchte ich doch denen entgegentreten, welche, wie Brass[1] Fraisse[2] und Fol[3] der chromatischen Kernfigur jegliche wesentlichere Bedeutung absprechen wollen. Brass behauptet, dass die chromatische Substanz lediglich Ernährungsmaterial für die übrigen Theile des Kerns und der Zelle sei, welches sich im Kerngerüst aufspeichere, um bei den Lebensprocessen und dem Wachsthum der Zelle und des Kerns ihre Verwendung zu finden. Der Sitz der Kräfte, welche die Vorgänge der Kerntheilung beherrschen, sei in den beiden Polen der Kernspindel zu suchen. Dem hellen Plasma des Kerns (Kernsaft) schreibt er die wichtigste active Rolle bei allen Lebenserscheinungen der Zelle und des Kerns, namentlich auch bei der Theilung zu. Die chromatischen Substanzen verhielten sich als passive Massen; sie würden von den beiden Kernpolen her angezogen und folgten den Bewegungen des Kernplasma's. Gewiss war es eine Uebertreibung, in den chromatischen Figuren die Hauptsache bei der Kerntheilung zu suchen, die treibenden Kräfte vorzugsweise in die sie zusammensetzende Substanz zu verlegen. Doch mag man sich auch vor dem Fehler hüten, ihr jegliche active Bedeutung bei der Kerntheilung absprechen zu wollen. Die vorliegenden Thatsachen, auf welche Brass z. B. sich stützt, berechtigen wenigstens hierzu noch nicht. Seine Angabe, dass in hungernden Zellen die chromatischen Kernfiguren fehlen oder unvollkommen auftreten, scheint nicht durchweg richtig, insofern Rabl bei Salamandern, die fünf Monate ohne Nahrung geblieben waren, reichlich chromatische Substanz bei den Theilungsfiguren antraf. Ist es richtig, was Rabl angiebt, dass nämlich ein Grundplan der chromatinhaltigen Fadenfigur auch im völlig ruhenden Kerne bestehen bleibt mit Pol- und Gegenpolseite, so ist es schwer, sie als völlig bedeutungslos hinzustellen und dem Kernsafte allein die active Rolle zuzuschreiben.

Alles spricht freilich dafür, dass wir in den Polen der Spindelfigur höchst bedeutungsvolle Punkte, sagen wir auch „Centren“, für die Kerntheilungserscheinungen annehmen dürfen, wie wohl auch Alle, die diesen Gegenstand behandelten, anerkannt haben. Ich möchte aber davor warnen, dass wir uns nun in den Wahn einwiegen, damit sei alles Wesentliche gesagt, und wir vermöchten nun, von diesem Standpunkte aus, sämmtliche Erscheinungen theoretisch zusammenzufassen und einheitlich abzuleiten. Die so verschieden ausgefallenen Meinungen der Autoren, welche Alle diese Pole als bedeutungsvoll anerkennen, zeigen, dass dies zur Zeit noch unmög-

---

[1] *Die Organisation der thierischen Zelle.* Heft II. Halle a./S. 1884.

[2] Brass und die Epithelgeneration. *Zoologischer Anzeiger.* 1883. Nr. 156.

[3] Actualités etc. l. c.

lich ist. Mit Flemming und Rabl halte auch ich daher den Zeitpunkt noch nicht für gekommen, in welchem wir uns eine erfolgreiche theoretische Behandlung der Karyokinese versprechen dürfen.

Eines, worauf Rabl hinweist, möchte ich jedoch nicht unerwähnt lassen, und ich knüpfe damit an einen bereits früher betonten Umstand an: Wenn es richtig ist, wie Rabl es darstellt, dass bereits im ruhenden Kerne die Hauptfadenstructuren in typischer Form vorhanden sind — vgl. die Figg. 2, 3, 4, 12 — so muss man gestehen, dass der gesammte Formenwechsel der karyokinetischen Figur sich einfach unter dem Probleme einer geforderten genauen gleichmässigen Theilung einer solchen Fadenstructur begreifen lässt. Man kann sich dann kaum eine einfachere Lösung dieses Problems denken, als wie die Natur sie in der Karyokinese vollzieht: die unter Auftreten eines Polfeldes und einer Gegenpolseite im ruhenden Kerne typisch angeordneten Hauptfäden ziehen zunächst die in Form von Nebenfäden, Fortsätzen und Nucleolen ausgesendeten Bestandtheile wieder an sich, dann ordnen sie sich in einer sehr regelmässigen Figur — sammeln sich gleichsam — in der Mitte (Theilungsebene) des Kernes (Mutterstern); jeder (Mutter-)Faden theilt sich der Länge nach in zwei (Tochter-)Fäden, je zwei aus einem Mutterfaden hervorgegangene Tochterfäden rücken einfach auseinander nach den entgegengesetzten Kernpolen, um sich dort in der typischen Grundfigur wieder zur Ruhe zu begeben. Vor der Hand können wir nicht mehr hinter dem Formenspiel der karyokinetischen Figur suchen. Was schwerer verständlich ist, scheinen mir die Polstrahlungen und die Spindelfigur; auf diese wird sich die Aufmerksamkeit der künftigen Forschung insbesondere zu concentriren haben.

Dass die Kernmembran schwindet, scheint wohl begreiflich, wenn wir bedenken, dass solche Hüllen einer Theilung des Gesammtkerns leicht hinderlich sein können. Es ist dies übrigens ein Punkt, der ebenfalls noch weiterer Aufklärung bedarf, zumal wir ja, wie bemerkt, noch nicht einmal recht wissen, wie es mit der Kernmembran steht.

Wir ersehen aus dem zuletzt Besprochenen, dass es mit der theoretischen Verwerthung der karyokinetischen Erscheinungen noch recht dürftig bestellt ist, und dass wir ihnen von dieser Seite her noch keine besondere Bedeutung abzugewinnen vermögen. Dagegen lassen sich dieselben in ausgezeichneter Weise nach einer anderen Richtung hin verwerthen und sind auch bereits hier verwerthet worden: ich meine bei allen auf die Beurtheilung von Wucherungs-, Neubildungs- und Ersatzvorgängen im thierischen und pflanzlichen Organismus auslaufenden Fragen. Wollte man früher entscheiden, welche zelligen Elemente bei derartigen Vorgängen betheiligt waren, von welchen Orten und Zellen aus z. B. das normale Wachsthum oder die Regeneration eines Gewebes vor

sich ging, so war man fast ausschliesslich auf den Befund eingeschnürter Zellen und Kerne oder zwei- und mehrkerniger Zellen angewiesen. Die Schlüsse aus solchen Befunden waren aber in vielen Fällen zweifelhafter Natur, zumal die Frage aufgeworfen worden war, ob denn überhaupt eine zwei- oder mehrkernige Zelle den Beweis für eine statthabende Zelltheilung abgeben könne? Durch die Karyokinese haben wir für die entscheidende Beurtheilung gerade dieser so ausserordentlich wichtigen Dinge eine gute Grundlage gewonnen, und da die karyokinetischen Erscheinungen so klar und bestimmt auftreten, sind die betreffenden Untersuchungen von dieser Seite her bedeutend erleichtert und gefördert worden. Die genannten Arbeiten von Flemming und A. Kollmann, die Arbeiten von Kölliker, Altmann u. A., die aus meinem Laboratorium hervorgegangenen Untersuchungen von Koganeï, Uskow, Simanowsky, Beltzow und Biondi zeigen, wie die Karyokinese in dieser Richtung hin fruchtbringend verwerthet werden kann. Namentlich möchte ich an dieser Stelle auf die Untersuchungen über die Herkunft und das Wachsthum der Neoplasmen und der zelligen Entzündungsproducte aufmerksam machen, worüber wir von Homén, Klemensiewicz, Eberth, Mayzel, J. Arnold, Ostry, Unna, Beltzow, Simanowsky u. A. bereits Mittheilungen vorfinden.

Ungeachtet der kurzen Zeit, seit der wir über die Karyokinese etwas wissen, haben sich doch schon nach altem deutschen Gelehrtenbrauch — den übrigens auch die übrigen wissenschaftlich arbeitenden Völker nachzuahmen beginnen — eine stattliche Fülle von verschiedenen Benennungen eingebürgert, von denen ich hier die am meisten gebrauchten, so weit sie bisher nicht zur Sprache kamen, noch kurz erklären möchte.

Will man den Gesammtleib einer Zelle bezeichnen (abgesehen vom Kern), so gebraucht man jetzt den Ausdruck: Zellleib, Zellkörper, Zellsubstanz. In dieser werden nun zwei Hauptbestandtheile unterschieden, die von Kupffer seiner Zeit mit den Namen „Protoplasma“ und „Paraplasma“ belegt wurden. Unter dem ersteren versteht er die festeren Massen der Zellsubstanz, deren Anordnung in Fäden, sei es nun mit oder ohne netzförmige Verbindung, man neuerdings — Dank den Untersuchungen von Heitzmann, Frommann, Kupffer, Flemming, Leydig u. A. — kennen gelernt hat. Flemming hat dafür die vielfach angenommene Bezeichnung: „Filarmasse“ oder „Mitom“ vorgeschlagen, Hanstein und Strasburger wollen sie als „Cyto-Hyaloplasma“, Leydig als „Substantia opaca“ bezeichnet wissen.

Das Kupffer'sche „Paraplasma“ umfasst die mehr flüssige Substanz des Zellleibes, welche die Räume zwischen den Gerüstfäden des Protoplasma's (Mitom's) ausfüllt. Synonyme sind: „Interfilarmasse“, „Paramitom“ (Flemming), „Substantia hyalina“ (Leydig), „Cytochylema“ (Strasburger).

Letzterer unterscheidet aber beim Cytochylema wieder zwei verschiedene Bestandtheile: das „Plasmochym", und das „Cytochym", indem er unter „Plasmochym" den dickflüssigeren eiweissreichen Bestandtheil des Zellleibes, unter Cytochym dagegen den wässrigen Saft, wie er in den sogenannten Vacuolen von Pflanzenzellen vorkommt, versteht.

Die gebräuchlichen Namen für die Bestandtheile des Kerns haben wir bereits früher anführen müssen. Hier sei nun bezüglich der Nomenclatur Strasburger's noch nachgetragen, dass er das Kerngerüst mit dem Namen „Kernprotoplasma" oder „Nucleoplasma" belegt. Es besteht dieses jedoch wieder aus einer hyalinen Grundsubstanz = „Nucleo-Hyaloplasma" und den darin abgelagerten Balbiani-Pfitzner'schen Chromatinkügelchen, die, wie wir bereits erwähnten, von Strasburger als „Nucleo-Mikrosomen" bezeichnet werden. Den die Maschenräume des Nucleo-Hyaloplasma's erfüllenden „Kernsaft" nennt er: „Nucleo-Chyma". (Falls, wie das öfter vorkommt, auch in den Gerüstfäden des Cyto-Hyaloplasma's Mikrosomen vorkommen, so werden diese als „Cyto-Mikrosomen" aufgeführt.)

Bezugnehmend auf den Namen „Mitom", hat Flemming für die Schleicher'sche Bezeichnung „Karyokynesis", wie wir schon Eingangs anführten, das Wort: „Karyomitosis" vorgeschlagen. Unter dem Namen: „Kernspindel" verstehen Flemming und Pfitzner ausschliesslich die achromatische Spindelfigur, Strasburger aber die letztere plus der chromatischen Kernplatte. Die „Kernplatte" wieder ist für Strasburger die Muttersternform der chromatischen Fäden, s. Fig. 7. Den Namen „Kernplatte" an Stelle des Flemming'schen „Monaster" oder „Mutterstern" wünscht Strasburger mit Rücksicht auf die Verhältnisse der Pflanzen beizubehalten, indem hier häufig keine klare Sternform auftritt, sondern auch in der Mitte des sogenannten Aster noch dichtgestellte Fadenschlingen erscheinen, so dass derselbe, vom Pol aus gesehen, nicht das Bild eines Sterns mit leerer Mitte, sondern das einer Platte, die aus dicht in einer Ebene zusammengelegten Fäden besteht, darbietet. Was unter „Aequatorialplatte" bezw. „Metakinesis" zu verstehen sei, wurde bereits angegeben (s. besonders die Anmerkung zu S. 15). Schliesslich sei bemerkt, dass neuerdings Strasburger die Summe der karyokinetischen Erscheinungen, welche bis zu der entscheidenden Längstheilung der Fäden ablaufen, „Prophasen", den Zustand der Theilung selbst bis zum vollendeten Auseinanderrücken der Tochterfäden, „Metaphase", und den Rest der Erscheinungen bis zur Herstellung der ruhenden Tochterkerne als „Anaphasen" bezeichnet. — Für die Sternfiguren des Zellleibes, die sogen. „Polstrahlungen" könnten wir mit Flemming die Termini: Cytaster (Helioma, Aureola) für die des Kerns, d. i. der Spindelfigur (Kernspindel im Flemming'schen Sinne) den Namen: „Karyaster" in Anwendung bringen.

Ueber die durch Salz- und Rohrzucker-Lösungen bewirkten Veränderungen der Blutkörperchen.

Von

Dr. H. J. Hamburger,
Assistenten am physiologischen Institut zu Utrecht.

(Hierzu Taf. I.)

Die Untersuchungen über den Einfluss chemischer Verbindungen auf Blutkörperchen im Zusammenhange mit ihren Moleculargewichten [1] führten zu dem merkwürdigen Resultate, dass die isotonischen Coëfficienten des Prof. Hugo de Vries im Allgemeinen bei den Blutkörperchen wiedergefunden wurden. Wenn die Zahlen von de Vries zum grössten Theile gegründet waren auf den Anfang von Plasmolyse in Pflanzenzellen, so wurden die unseren erhalten, indem wir eine Salzconcentration suchten, in welcher die Blutkörperchen Haemoglobin zu verlieren anfingen. Es muss deshalb ein gewisser Zusammenhang bestehen zwischen der Plasmolyse in der Pflanzenzelle und dem Haemoglobinaustritt aus den Blutkörperchen. Indessen ist die Flüssigkeit, welche Haemoglobinaustritt herbeiführt, keineswegs isotonisch mit dem Inhalt der ursprünglichen Körperchen. Sie nehmen Wasser auf, bevor sie den Farbstoff verlieren, was man mikroskopisch leicht constatiren kann.

Zuerst untersuchten wir, mit wie viel Wasser man das Serum versetzen könnte, ohne dass Haemoglobin aus den Blutkörperchen austrat. Zu diesem Zwecke wurde dem lebenden Thiere Blut entzogen und in zwei Theile vertheilt, der eine sich selbst überlassen, der andere defibrinirt. Das von dem Blutkuchen des ersten Theiles ausgestossene

[1] *Dies Archiv.* 1886. S. 476; — *Onderzoekingen, gedaan in het physiol. Lab. der Hoogeschool te Utrecht.* Derde Reeks. IX. p. 22.

Serum wurde in Probirröhrchen mit verschiedenen Quantitäten Wasser vermischt und die auf diese Weise erhaltenen Gemische wurden mit defibrinirtem Blute versetzt. Immer kam auf je 10 ccm (verdünnten oder nicht verdünnten) Serums 1 ccm defibrinirtes Blut. Die Körperchen senkten sich zu Boden und man konnte es der oberen Flüssigkeit durch das Spektroskop ansehen, ob sie Farbstoff verloren hatten.

Mit dieser Methode wurde das Blut des Rindes, Hühnchens, Frosches und der Schleihe untersucht. Wir erhielten die folgenden Resultate:

1. Serum von Ochsenblut konnte mit 50, in einigen Fällen mit 80 Volumprocent Wasser verdünnt werden, ohne dass die Körperchen des betreffenden defibrinirten Blutes einigen Farbstoff verloren. Gewöhnlich genügte die Hinzufügung von 60 Procent Wasser, damit etwas Haemoglobin austrete.

2. Serum von Hühnchenblut ertrug gewöhnlich 130 Procent Wasser; in einem Falle sahen wir diese Zahl bis 200 steigen.

3. Serum der Schleihe konnte 110 bis 145 Procent Wasser aufnehmen.

4. 225 Procent Wasser, dem Serum des Frosches zugesetzt, bewirkten keinen Austritt von Haemoglobin aus den Blutkörperchen. Verdünnung mit 250 Procent genügte gewöhnlich.[1]

Wie oben bemerkt wurde, waren die Zahlen von de Vries zum grössten Theil gegründet auf den Anfang der Plasmolyse in Pflanzenzellen, während die unseren erhalten waren, indem wir eine Salzconcentration suchten, in welcher die Blutkörperchen Haemoglobin zu verlieren anfingen. Es war darum wünschenswerth zu untersuchen, ob mit dem Austritt von Haemoglobin eine Erscheinung zusammenfiel, die mit dem Anfange der Plasmolyse in der Pflanzenzelle zu vergleichen war.

a) Rinderblut.

2 ccm des defibrinirten Rinderblutes wurden wie früher mit 20 ccm einer 0·6 procentigen Chlornatriumlösung versetzt und das Gemisch sich selbst

[1] Bei der Verdünnung des Froschserums mit Wasser begegneten wir der Schwierigkeit, dass nach kurzer Zeit ein Coagulum entstand; darum wurde das Blut unmittelbar nach Versetzung mit Wasser, also vor der Coagulation, hinzugefügt. Unter Voraussetzung, dass, wenn die Mitwirkung eines Fermentes zur Coagulation nothwendig sein sollte, dessen Zerstörung ihr vorbeugen werde, hielten wir das Serum während 5 Minuten im Wasserbade, das auf 52° erwärmt war. Und wirklich, bei Versetzung mit Wasser entstand jetzt kein Coagulum; auch Versetzung mit starken Salzlösungen verursachte keine Coagulation. — Die Eigenschaft des Froschserums, bei Hinzufügung von Wasser zu coaguliren, fand ich mehrmals bei im Winterschlaf begriffenen Fröschen, bei Sommerfröschen fand ich sie nicht wieder.

überlassen. Die Blutkörperchen senkten sich in einer schwach roth gefärbten Flüssigkeit. Nach 24 Stunden wurden sie mikroskopisch untersucht: die Meisten waren äusserlich unverändert geblieben; die Uebrigen waren ein wenig geschwollen und hatten die scheibenförmige Gestalt mit einer mehr kugelförmigen vertauscht. Nach zwei, drei, und vier Tagen wurde das Blut immer nach Schütteln wieder untersucht, und zwar mit demselben Resultate. Auf gleiche Weise und mit dem gleichen Resultate wurde der Einfluss einer 0·62 procentigen NaCl-Lösung untersucht, wie auch der von isotonischen Kalisalpeter- und Rohrzuckerlösungen. Eine Erscheinung, welche der Plasmolyse entsprach, wurde dabei nicht wahrgenommen, ebensowenig wie in stärkeren und schwächeren Lösungen als die genannte.

b) Froschblut.

Das Froschblut gab ganz andere Resultate. In einem kleinen Probirröhrchen wurde ein wenig (ungefähr 0·7 ^{ccm}) Clornatriumlösung von 0·21 Procent[1] vermischt mit einem Tropfen Froschblut, das, ebenso wie für die unten zu beschreibenden Versuche, durch einen kleinen Schnitt in die Aorta erhalten wurde; der Zutritt von Lymphe wurde stets auf's Sorgfältigste vermieden.

Nach kurzer Zeit hatte sich ein Coagulum gebildet, dass anfänglich das ganze Röhrchen ausfüllte, sich dann zusammenzog, in verticaler wie in horizontaler Richtung und zwar so, dass das rothe Coagulum mit breiter Basis an der freien Oberfläche hing.

Die rothe ausgeschwitzte Flüssigkeit erwies sich bei der mikroskopischen Untersuchung als nicht blutkörperchenhaltig. Diese waren alle im Coagulum eingeschlossen und zwar vorwiegend im unteren Theil, der denn auch dunkler gefärbt war. Das in Stückchen zerhackte Coagulum wurde mit der Flüssigkeit geschüttelt und dann untersucht; keines der Blutkörperchen war unverändert geblieben. Ihr gefärbter Inhalt hatte sich gänzlich (Taf. I, Figg. 20, 22) oder theilweise (Figg. 10, 19, 23, 24 und 25) von der Zellmembran zurückgezogen, zu einer deutlich conturirten, stark gefärbten, fast kugelförmigen oder ellipsoïdischen Masse *b*, welche den Kern *k* eingeschlossen hielt und gewöhnlich unsichtbar machte. Zuweilen hatte die Zellmembran ihre ellipsoidische Gestalt behalten (Figg. 18, 19, 20, 23 und 24); zuweilen hatte sie eine unregelmässige Form angenommen (Fig. 22), wahrscheinlich dadurch, dass sie der Contraction des Inhaltes nachgegeben hatte. Diese Erscheinungen wiesen zwar auf Plasmolyse hin, doch konnten sie schwerlich deren Anfang vorstellen. Zwar wurden zuweilen nach einem

[1] Makroskopische Versuche hatten gelehrt, dass eine Chlornatriumlösung von von 0·21 Procent das Haemoglobin austreten macht, eine von 0·25 Procent nicht.

halben Tage Formen gefunden, wie die Fig. 18, doch diese waren vorübergehend.

Es war nun zu untersuchen, wie die Körperchen sich verhielten in Chlornatriumlösungen, stärker und schwächer als 0·21 Procent. Demnach wurden Chlornatriumsolutionen von 36 Procent (saturirt), 9 Procent, 1·16 Procent, 0·64 Procent, 0·25 Procent, 0·21 Procent, 0·12 Procent, 0·072 Procent und 0·036 Procent auf die bekannte Weise mit Froschblut versetzt und die Mischungen, nachdem sie ungefähr drei Tage bei ungefähr 0° C. gestanden hatten, untersucht.

Chlornatriumlösung von 36 Procent (saturirt).

Es hat sich ein flockiges Coagulum gebildet, das sich in der rothen Flüssigkeit auf den Boden gesenkt und daselbst zusammengeballt hat.

Es kommen drei Formen von Blutkörperchen darin vor:

1. fast unveränderte mit längs- und quergestellten Kernen (Figg. 35 u. 34). Sie haben ein bleiches Ansehen.

2. Kerne mit Flöckchen, wovon ganze Gruppen bei einander liegen (Fig. 37).

3. Sehr viele, in welchen der Farbstoff eine grosse (Fig. 36) oder eine kleine (Fig. 38) Kugel *m* bildet und der Kern ausser der Kugel liegt, quer oder längs. Zuweilen ist der Inhalt an der Seite der gefärbten Kugel stärker oder schwächer gekrümmt als an der entgegengesetzten Seite.

Chlornatriumlösung von 9 Procent.

Die obere Flüssigkeit ist fast farblos und ein wenig gelatinös. Auf dem Boden sind die Blutkörperchen in eine gelatinöse Masse gehüllt. Die Körperchen haben Formen wie Figg. 17, 30, 31 und 33.

Chlornatriumlösung von 1·16 Procent.

Die Blutkörperchen haben sich in einer vollkommen farblosen dünnen Flüssigkeit gesenkt. Bei einigen Proben sieht man viele von der Gestalt der Fig. 32; es geschieht auch wohl, dass keine derartige Gestalt zu finden ist.

Chlornatriumlösung von 0·64 Procent

Das ganze Röhrchen ist mit einem Coagulum ausgefüllt, dessen obere Hälfte farblos und dessen untere Hälfte roth ist. Die rothe Farbe ist am stärksten unten im Coagulum. Es fängt bald (nach drei bis vier Stunden) an, sich auf die Weise, wie oben beschrieben, zusammenzuziehen, aber schwitzt nun, statt einer gefärbten, eine ganz farblose Flüssigkeit aus. Bei der Contraction bleiben einige Blutkörperchen auf dem Boden liegen. Diese, sowie die, welche nicht im Coagulum sind, können nicht von normalen Körperchen unterschieden werden. Sie zeigen dieselben Vacuolen, welche Ranvier[1] beschrieben hat und welche nach ihm entstehen, wenn frisches Blut ein oder mehrere Tage sich selbst überlassen wird.

Chlornatriumlösung von 0·25 Procent.

Was die Coagulation betrifft, ist genau dasselbe zu bemerken, als bei der Chlornatriumlösung von 0·64 Procent. Die Contraction des Coagulums ist hier nicht so bald sichtbar. Die ausgeschwitzte Flüssigkeit ist farblos.

[1] *Traité d'Histologie.* p. 192.

Alle Blutkörperchen sind verändert und haben Formen wie die Figg. 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 und 26. Figg. 23 und 24 sind selten.

Chlornatriumlösung von 0·21 Procent.

Schon oben beschrieben.

Chlornatriumlösung von 0·12 Procent

Die Coagulation geschieht, wie in der vorigen Solution. Die Contraction findet noch langsamer statt, als in der Kochsalzlösung von 0·21 Procent. Die ausgeschwitzte Flüssigkeit ist stark roth gefärbt und enthält kein einziges Blutkörperchen.

Im Coagulum findet man wenig Formen wie Figg. 18 und 19; viele wie Fig. 26 und viele von der in Figg. 27 und 28 wiedergegebenen Gestalt. Letztere sind jedoch sehr entfärbt.

Chlornatriumlösung von 0·072 Procent.

Wie in Na Cl-Lösung von 0·12 Procent

Chlornatriumlösung von 0·036 Procent.

Wie in Na Cl-Lösung von 0·072 Procent. Das Coagulum fängt nach einem Tage an, sich zu contrahiren.

Fassen wir die oben erhaltenen Resultate vorläufig zusammen, so finden wir, dass in allen angewandten Lösungen die Körperchen verändert sind, ausser in der Na Cl-Lösung von 0·64 Procent, in welcher die Körperchen mit ihren Kernen ganz unverändert geblieben sind. Von den Lösungen stärker als 0·64 Procent, verursachte die saturirte Solution charakteristische Veränderungen, welche in keiner anderen Solution wiedergefunden wurden (Figg. 34 36 37 und 38); indem in den übrigen oft Zerstückelung des Inhaltes hervorgerufen wurde (Figg. 17 und 33). Auch wurden in diesen Lösungen stets Körperchen gefunden, welche platt und steif waren (Figg. 12 und 13). Die zerstückelten Formen wurden niemals wahrgenommen in schwächeren Lösungen als 0·64. In diesen zeigten die Körperchen, sowohl in Concentrationen, in welchen keines davon Haemoglobin verloren hatte, wie in solchen, welche Austritt von Farbstoff verursachten, eigenthümliche Formen, welche an Plasmolyse erinnerten (Figg. 18, 19, 20, 22, 23, 24 und 25). In sehr schwachen Concentrationen (0·12 Procent und schwächer) fing der contrahirte, gefärbte Inhalt wieder an zu quellen (Fig. 26) und konnte dann die Zellmembran wieder erreichen (Fig. 27), ja sogar zu einer Kugel spannen (Fig. 28), in welcher der Kern deutlich sichtbar wurde. Zuweilen quoll der Inhalt zu einem Ellipsoïd; der Kern hatte dann nicht das Aussehen wie in einem normalen Körperchen, sondern war glatt und zeigte gleiche Farbe wie der Inhalt.

Wir wollten nun untersuchen, ob auch die mikroskopischen Erscheinungen auf Isotonie deuten, wie die makroskopischen dies gethan hatten.

Chlornatriumlösungen von 1·16 Procent, 0·64 Procent, 0·25 Procent, 0·12 Procent und 0·072 Procent, wie auch die mit diesen isotonischen Rohrzuckerlösungen von 10·26 Procent, 5·59 Procent, 2·2 Procent, 1·05 Procent und 0·62 Procent und die isotonischen Salpetersolutionen von 2 Procent, 1·09 Procent, 0·43 Procent, 0.209 Procent und 0·127 Procent wurden auf die bekannte Weise mit Blut desselben Frosches gemischt und die Gemische nach ungefähr drei Tagen untersucht.

Chlornatriumlösung von 1·16 Procent.	Rohrzuckerlösung von 10·26 Procent.	Kalisalpeterlösung von 2 Procent.
Es hat sich ein Coagulum gebildet. Die Körperchen haben sich in einer farblosen Flüssigkeit gesenkt.	Oben im Röhrchen findet man eine farblose Schicht, ein wenig gelatinös; hierauf folgt eine Schicht, die ein faseriges Aussehen hat und wenig Blutkörperchen enthält. Auf dem Boden befinden sich die meisten Blutkörperchen. Sie haben alle die ellipsoïdische Gestalt behalten. Viele haben die Form der Fig. 15. Die meisten haben ein zerstückeltes Ansehen (Figg. 17 u. 33). Ausserdem ist der Kern oft in mehrere Stücke zerfallen.	Es hat sich ein Coagulum gebildet. Die Körperchen haben sich in einer farblosen Flüssigkeit gesenkt.
Einige haben Formen wie Fig. 32, die meisten wie Fig. 30 und 31.		Einige Körperchen sind unverändert, aber doch körnig auf der Oberfläche. Die übrigen haben Formen wie Fig. 33.

Chlornatriumlösung von 0·64 Procent.	Rohrzuckerlösung von 5·59 Procent.	Kalisalpeterlösung von 1·09 Procent
Es hat sich ein Coagulum gebildet, das sich nach einigor Zeit nach oben zusammengezogen und die meisten Körperchen eingeschlossen hat. Die ausgeschwitzte Flüssigkeit ist farblos Es sind noch einige Blutkörperchen auf dem Boden des Probirröhrchens zurückgeblieben. Alle Körperchen sind unverändert.	Es hat sich ein Coagulum gebildet, das sich nach einiger Zeit nach oben zusammengezogen und die meisten Körperchen eingeschlossen hat. Die ausgeschwitzte Flüssigkeit ist farblos. Es sind noch einige Blutkörperchen auf dem Boden des Probirröhrchens zurückgeblieben. Bei weitem die meisten Körperchen sind unverändert. Sie sind jedoch ein wenig rauh an der Oberfläche. Ein einzelnes Körperchen zeigt die Form der Fig. 5.	Sie sind alle unverändert geblieben. Einige zeigen Pünktchen an der Oberfläche.

Chlornatriumlösung von 0·25 Procent.	Rohrzuckerlösung von 2·20 Procent.	Kalisalpeterlösung von 0·43 Procent.
Es hat sich ein Coagulum gebildet, das sich nach oben zusammen gezogen hat. Der obere Theil ist farblos, der untere enthält die meisten Blutkörperchen. Die Körperchen zeigen die Formen der Figg. 20, 22 und 25. Der zurückgezogene Inhalt *b* zeigt sich nach Messung oft kleiner als das Volum der normalen Blutkörperchens.[1]	Es hat sich ein Coagulum gebildet, das sich nach oben zusammengezogen hat. Der obere Theil ist farblos; der untere enthält die meisten Blutkörperchen. Die Körperchen zeigen die Formen der Figg. 3, 4, 5, 6, 7 und 8. Der zurückgezogene Inhalt *b* zeigt sich nach Messung oft kleiner als das Volumen des normalen Blutkörperchens.	Es hat sich ein Coagulum gebildet, das sich nach oben zusammengezogen hat. Das ganze Coagulum ist roth gefärbt. Es sind wenige Körperchen zu finden; die meisten haben die Form der Fig. 23 und sind blass.

Chlornatriumlösung von 0·12 Procent.	Rohrzuckerlösung von 1·05 Procent.	Kalisalpeterlösung von 0·21 Procent.
Es hat sich ein Coagulum gebildetet, das sich nach oben zusammengezogen hat. Es ist gänzlich roth gefärbt und hat eine rothe Flüssigkeit ausgeschwitzt. Im Coagulum findet man Formen wie Figg. 5 und 7. Viele der Figg. 26 und 27. Der Anfangs contrahirte Inhalt der Körperchen ist deutlich gequollen.	Es hat sich ein Coagulum gebildet, das sich nach oben zusammengezogen hat. Es ist gänzlich roth gefärbt und hat eine rothe Flüssigkeit ausgeschwitzt. Im Coagulum findet man Formen wie Figg. 5 und 7, viele wie Fig. 26, und die meisten wie Fig. 27.	Es hat sich ein Coagulum gebildet, das sich nach oben zusammengezogen hat. Es ist gänzlich roth gefärbt und hat eine rothe Flüssigkeit ausgeschwitzt. Es sind wenig Körperchen zu finden. Die meisten haben die Form der Fig. 28 und sind blass.

Chlornatriumlösung von 0·072 Procent.	Rohrzuckerlösung von 0·62 Procent.	Kalisalpeterlösung von 0·127 Procent.
Wie in der Na Cl-Lösung von 0·12 Procent.	Wie in der Rohrzuckerlösung von 1·05 Procent. Fig. 28 ist am häufigsten repraesentirt.	Wie in der Kalisalpeterlösung von 0·21 Procent.

[1] Weil der Gang des Processes bei jedem einzelnen Blutkörperchen nicht unter dem Mikroskope verfolgt werden konnte, indem die Contraction gewöhnlich erst nach ungefähr 24 Stunden anfing und nach dreimal 24 Stunden ihr Maximum erreicht hatte, musste für die Frage, ob der zurückgezogene Inhalt nicht kleiner sei als der des ursprünglichen Blutkörperchens, die Grösse einiger normalen und das Volumen einiger veränderter bestimmt werden. Die Blutkörperchen eines Frosches sind aber sehr verschieden in der Grösse (Figg. 1 und 2). Für die Messungen wurden diejenigen Frösche

Da Rohrzucker- und Salpeterlösungen, isotonisch mit Chlornatrium von 36 Procent, nicht bereitet werden konnten, wurden saturirte Lösungen von Rohrzucker und Salpeter versucht. In den ersten hatten die Körperchen ihre ovale Form behalten; sie waren platt und steif, und die meisten hatten eine zerstückelte Structur bekommen. In der saturirten Salpeterlösung hatten sich die Körperchen gesenkt, ohne Haemoglobin zu verlieren; sie lagen in einem Coagulum und hatten theils ihre Form behalten, indem die Oberfläche stark geschrumpft war, theils zeigten sie die bekannte zerbröckelte Structur.

Oben bemerkten wir, dass in derselben Flüssigkeit, gewöhnlich Blutkörperchen sich befanden mit verschiedenem Grad von Plasmolyse (wir wollen dem zurückgezogenen Zustand des gefärbten Inhalts vorläufig diesen Namen geben), und dass die Form, welche dem Anfang der Plasmolyse (Fig. 18) entsprach, vorübergehend war. Es schien interessant, zu untersuchen, ob das Coagulum die Ursache dieser Formenverschiedenheit war. Darum wurden die Versuche mit defibrinirtem Blute wiederholt. Obwohl die Verschiedenheit in derselben Lösung jetzt nicht so gross war, wie bei Anwendung des nicht defibrinirten Blutes, stellte sich heraus, dass diese nicht dem Coagulum allein zugeschrieben werden konnte. Man kann wohl annehmen, dass die ursprünglichen Blutkörperchen unter einander nicht identisch sind; was sehr wohl möglich erscheint, wenn man bedenkt, dass sie in verschiedenem Entwicklungszustande sich befinden. Doch bleibt es merkwürdig, dass in einer bestimmten Lösung, z. B. in NaCl 0·64 Procent alle Körperchen ganz unverändert bleiben.

Wir wollen hier noch erwähnen, dass eine NaCl-Lösung von 0·64 Procent und die hiermit isotonische Zuckerlösung von 5·59 Procent alle Körperchen des defibrinirten Blutes unverändert liessen, während in der isotonischen Salpeterlösung (1·09 Procent) ausser unveränderten auch noch einige Formen gefunden wurden von der Gestalt der Figg. 18 und 19.

---

gewählt, deren Körperchen wenig in Grösse unterschieden waren. Zur Berechnung des Volumens der normalen Blutkörperchen wurden diese wie Ellipsoïde mit drei Axen betrachtet, welche Axen gemessen wurden ($J = \frac{4}{3} \pi a b c$).

Zur Bestimmung des zurückgezogenen Inhaltes wurden diejenigen Körperchen gewählt, wobei diese am meisten einer Kugel glichen. Von diesen wurde dann der Durchmesser bestimmt. Es stellte sich nun heraus, dass der Inhalt der kleinsten normalen Körperchen zuweilen noch ein wenig grösser war, als die contrahirte Kugel einiger veränderter Körperchen.

Wenn man auch den Resultaten dieser Messungen wegen der vielen Fehlerquellen einen nicht allzuhohen Werth beilegen kann, dies stellt sich doch heraus, dass Lösungen von schwacher Concentration bei den Blutkörperchen nicht immer eine Quellung herbeiführen, wie man diese erwarten würde, nach dem was de Vries bei den Pflanzenzellen beobachtete.

Uebrigens verhielten sich die isotonischen Kochsalz- und Zuckerlösungen gleich; während die isotonischen Salpeterlösungen hiervon eine Abweichung zeigten, wie wir das auch fanden bei dem nicht defibrinirten Blute.

Aus den genannten Versuchen ergiebt sich, dass im Allgemeinen auch die mikroskopischen Erscheinungen auf Isotonie hinweisen.

Die Unveränderlichkeit der Blutkörperchen in Kochsalzlösung von 0·64 Procent und in den damit isotonischen Salpeter- und Zuckerlösungen, macht es wahrscheinlich, dass das Serum im isotonischen Werth mit diesem übereinstimmen würde. Um dies zu untersuchen, wurde ermittelt mit wieviel Wasser man Froschblut verdünnen musste, um den Beginn von Haemoglobinaustritt zu beobachten. Stellte es sich nun heraus, dass die NaCl-Lösung von 0·64 Procent gleich stark mit Wasser verdünnt werden musste, um Haemoglobinaustritt zu verursachen, so würde unsere Voraussetzung richtig sein.

Zu diesem Zwecke wurde Blut desselben Thieres theils defibrinirt, theils sich selbst überlassen. Das durch den Blutkuchen ausgeschwitzte Serum wurde mit 1, 2, 3 bis 4 Volumen Wasser verdünnt und die Gemische mit dem defibrinirten Blute versetzt. Es stellte sich heraus, dass die Hinzufügung von 2 und 2·25 Volumen Wasser nicht, die Hinzufügung von 2·5 Volumen wohl genügte, das Haemoglobin austreten zu lassen. Und was fanden wir oben? Die Kochsalzlösung, welche anfing Haemoglobinaustritt zu verursachen, enthielt 0·21 Procent NaCl. Um diese Lösung zu bekommen, musste man die NaCl-Solution von 0·64 Procent desshalb auch mit ungefähr 2 Volumen Wasser verdünnen. Unsere Voraussetzung erwies sich folglich als richtig. Ausserdem lehrte das Mikroskop, dass das mit Wasser verdünnte Serum den Blutkörperchen dieselben eigenthümlichen Formen gegeben hatte, wie die entsprechenden Kochsalzlösungen. So fing in dem mit einem Volum Wasser verdünnten Serum der gefärbte Inhalt nach drei Tagen an, sich von der Zellmembran zurückzuziehen, was in stärkerem Maasse der Fall im Serum war, das mit 2 und 3 Volumen verdünnt war und zwar derart, dass der zurückgezogene Inhalt oft kleiner sich erwies als der Inhalt des normalen Blutkörperchens.

Verhielt das Froschserum sich in Bezug auf seine Blutkörperchen wie eine Salz- oder Zuckersolution, so schien es nicht uninteressant, zu untersuchen, wie sich das Serum von Warmblütern gegenüber den Froschkörperchen verhalten würde.

Hierzu wurde der isotonische Werth vom Rindsserum mit Hülfe seiner Blutkörperchen bestimmt. Beim Schlachten des Thieres wurde Blut aufgefangen und in zwei Portionen vertheilt; der eine Theil wurde zur Coagulation niedergesetzt, der andere defibrinirt. 5 ^{ccm} des ausgeschwitzten hellgelb gefärbten Serums flossen aus einer Bürette in ein Probirrohr und

wurden versetzt mit 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 und 100 Volumprocent Wasser. Zu diesen Mischungen wurde 0·5 ccm des defibrinirten Blutes hinzugefügt. Nach einiger Zeit sah man, dass das mit 10, 20, 30, 40, 50, 60 und 70 Procent Wasser verdünnte Serum die Blutkörperchen in einer ungefärbten (ein wenig gelblichen) Flüssigkeit sich senken liess, dass aber das mit 80, 90 und 100 Procent Wasser verdünnte Serum den Blutkörperchen Wasser entzogen hatte. Um nun den isotonischen Werth des Ochsenserums in dem vom Chlornatrium auszudrücken, wurde versucht, in welcher Kochsalzlösung die Körperchen Haemoglobin zu verlieren anfingen, und in welcher Lösung sie noch sanken, ohne Haemoglobin zu verlieren. Das Mittel dieser beiden NaCl-Lösungen musste dann an isotonischem Werthe dem mit 75 Procent Wasser verdünnten Serum entsprechen. Diese NaCl-Lösung enthielt 0·64 Procent NaCl. Das Rindsserum war desshalb mit Bezug auf das Vermögen, seinen Körperchen Farbstoff zu entziehen, aequivalent mit $0 \cdot 64 \times \frac{175}{100} = 1 \cdot 12$ Procent NaCl-Solution. Dieses Ochsenserum nun wurde mit 1, 2, 3, 4, 5 und 8 Volumen Wasser verdünnt und zu den Mischungen wurde Froschblut hinzugefügt. In allen Mischungen entstanden Coagula, die sich von unten nach oben zusammenzogen. Nur das unverdünnte Serum erzeugte kein Coagulum. Nach zwei Tagen wurden die Körperchen untersucht.

Im unverdünnten Serum waren viele Körperchen stark gequollen. Die meisten waren unverändert.

Das mit einem Volum Wasser verdünnte Serum erzeugte dieselben Formen wie das nicht verdünnte.

Das mit vier Volumen Wasser verdünnte Serum quellte den grössten Theil der Körperchen und entzog dem geringeren Theile den Farbstoff. Einige hatten die eigenthümlichen Formen von Plasmolyse.

Das mit fünf Volumen Wasser verdünnte Serum hatte dem Blute viel Haemoglobin entzogen und die verschiedenen Formen von Plasmolyse zum Vorschein gebracht.

Das mit acht Volumen Wasser verdünnte Serum hatte allen Blutkörperchen das Haemoglobin entzogen. Man sieht hieraus, dass eine Mischung eines Volums Rindsserum mit vier Volumen Wasser, welche mit Bezug auf die Blutkörperchen des betreffenden Rindes an isotonischem Werth einer Kochsalzlösung von $\frac{1 \cdot 12}{5} = 0 \cdot 22$ Procent entspricht, Haemoglobinaustritt aus Froschblut erzeugt, welches Austreten wir auch ungefähr in gleichem Absatze geschehen sahen, bei einer NaCl-Lösung von 0·21 Procent. Das Kalbsserum gab entsprechende Resultate. Das von uns angewendete Kalbsserum war mit Bezug auf seine Blutkörperchen isotonisch mit einer Chlornatrium-

lösung von 0·837 Procent. Eine Mischung eines Volums dieses Serums mit drei Volumen Wasser war gerade im Stande, dem Froschblute ein wenig Haemoglobin zu entziehen; woraus folgt, dass das Serum bei dieser Verdünnung isotonisch war mit einer Kochsalzlösung von $\frac{0 \cdot 837}{4} = 0 \cdot 21$ Procent. Weiter fanden wir, dass eine Mischung von zwei Volumen Kalbsserum mit einem Volum Wasser, die Froschkörperchen unverändert liess, während eine Mischung gleicher Volumen Serum und Wasser die verschiedenen Formen von Plasmolyse erzeugte.

Wir können hierbei erwähnen, dass diese bei den Versuchen mit dem Serum des Ochsen und des Kalbes am Besten durch die Anwendung des nicht defibrinirten Blutes zu bekommen waren. Bei Anwendung des defibrinirten schieden die Blutkörperchen ein Coagulum ab, wobei sie ihre Kerne verloren, zusammenbackten und undeutliche Bilder erzeugten.

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass sich im Allgemeinen das Serum des Ochsen und des Kalbes den Blutkörperchen des Frosches gegenüber so verhält, wie die diesem Serum entsprechenden Salzlösungen.

c. Blut des Huhnes (Gallus domesticus).

Indem die Untersuchungsmethode hier dieselbe war wie beim Froschblute, können wir uns mit dem einfachen Berichte der Resultate begnügen.

1. Die Coagulationserscheinungen, nach der Mischung des Blutes mit Salzlösung beobachtet, stimmten überein mit denen des Froschblutes. Auch hier wurden Salzlösungen gefunden, in welchen das Blut nicht mehr coagulirte, auch hier wurden, unter den stärkeren dieser Salzlösungen Concentrationen gefunden, welche den Körperchen Farbstoff entzogen, und in welchen diese, in einem gelatinösen Kuchen zusammengebacken, auf dem Boden lagen.

2. Die Körperchen blieben in einer Kochsalzlösung von 1·17 Procent unverändert. Für Blut verschiedener Hühner war diese Zahl eine andere.

3. Nicht nur in einer Kochsalzlösung von 1·17 Procent, sondern auch in den mit diesen isotonischen (nach de Vries) Zucker- und Kalisalpeterlösungen blieben die Körperchen unverändert.

4. In hyperisotonischen[1] Lösungen zeigten die Blutkörperchen Formen, erinnernd an die der Plasmolyse (s. Fig. 15), weiter zerstückelte Formen (Figg. 17 und 33) und endlich steife, platte (Figg. 12 und 13).

5. In hypisotonischen Lösungen zeigten die Körperchen Formen, an Plasmolyse erinnernd (Figg. 4, 5, 6, 7, 18, 19, 21, 26).

---

[1] Wir wollen die Lösungen, stärker als die neutrale, hyperisotonisch und die Lösungen, schwächer als die neutrale, hypisotonisch nennen.

6. In dem mit Wasser verdünnten Serum wurden fast ausschliesslich Formen erhalten wie sub 5.

7. Das Serum des erstgenannten Blutes, sub 2 erwähnt, musste mit 120 Procent Wasser verdünnt werden, um das Vermögen zu bekommen, seinen Körperchen Haemoglobin zu entziehen. Diese Körperchen verloren in gleichem Maasse Farbstoff in einer NaCl-Lösung von 0·537 Procent, aequivalent oder isotonisch mit Serum, das mit 120 Volumenprocent Wasser verdünnt war. Unverdünntes Serum war folglich isotonisch mit einer Kochsalzlösung von $\frac{220}{100} \times 0 \cdot 537 = 1 \cdot 18$ Procent, was mit den mikroskopischen Beobachtungen, sub 2, übereinstimmt.

8. Im Allgemeinen waren die mikroskopischen Veränderungen nicht so schnell zu beobachten, wie bei den Froschkörperchen. Der Inhalt zog sich sehr langsam von der Membran zurück, so dass es für exacte Beobachtung nöthig war, die Lösung in Eis zu setzen, um den Eintritt der Fäulniss zu verzögern.

d. Blut der Schleihe (Tinca Cuv.).

Wir bekamen das Blut, indem wir mit einer Guillotinescheere den Fisch unter der analen Oeffnung durchschnitten und aus dem oberen Theil, durch rhythmisches Zusammendrücken, das Blut entleerten. Auf diese Weise konnten wir leicht der Beimischung von Lymphe und Wasser vorbeugen.

Alle Erscheinungen, sowohl was die Coagulation des Plasma's betrifft, als das Verhalten in isotonischen, hyperisotonischen und hypisotonischen Lösungen, stimmten mit denen des Hühnchenblutes überein. Bei einem der Versuche betrug die isotonische Kochsalzlösung 0·935 Procent und musste das Serum mit 145 Procent Wasser verdünnt werden, um Haemoglobin aus seinen Körperchen treiben zu können, welches letztere auch erreicht wurde durch eine 0·382 procentige NaCl-Solution. Makroskopisch war desshalb eine NaCl-Lösung von 0·382 Procent aequivalent oder isotonisch mit Serum, das mit 145 Volumenprocent Wasser verdünnt war. Das nicht verdünnte Serum war folglich isotonisch mit NaCl-Lösung von $\frac{245}{100} \times 0 \cdot 382$ Procent $= 0 \cdot 936$ Procent; was mit den mikroskopischen Beobachtungen stimmt. Bei der Einwirkung einiger starken, doch hypisotonischen Lösungen, speciell von denen des Rohrzuckers (8 Procent und 7·43 Procent), war zu bemerken, dass fast alle Körperchen sich verwandelt hatten in Figg. 41, 42, 46 und 47. Die übrigen waren wie Fig. 40 (der Inhalt hatte sich grösstentheils von der Membran zurückgezogen) und Fig. 38.

Die erstgenannten Formen zeigen ein- oder mehrstäbchenförmige Krystalle, welche mehr oder weniger deutlich durch eine Membran beisammengehalten werden und nicht selten aus der Membran herauszuragen scheinen (siehe überall Figg. 42 und 46), während innerhalb der Membran gewöhnlich ein Kern *k* gefunden wird. Lässt man in einem warmen Zimmer ein Praeparat unter dem Mikroskope liegen, so nimmt man die folgenden Veränderungen wahr: Das Stäbchen schmilzt gleichsam an beiden Enden ab, wodurch es dicker wird und eine Hantelform bekommt; inzwischen quillt der Inhalt innerhalb der Membran und das Stäbchen wird, insoweit es durch die Membran eingeschlossen ist, undeutlich, um endlich fast ganz und gar dem Auge zu verschwinden. Man sieht dann Fig. 45.

Setzt man Wasser hinzu, so werden die Stäbchen kleiner und mit dem Kerne ganz oder theilweise durch die Membran eingeschlossen. Die Membran wird elliptisch und erweist sich als die Zellmembran (Figg. 48, 49, 50). Offenbar handelt es sich hier um eine intraglobuläre Krystallisation von Haemoglobin, wozu das Hinzutreten einer geringen Quantität Wasser Anlass zu geben scheint. Die Krystallisation ist an eine relativ niedrige Temperatur gebunden. Bei 20° C. ungefähr findet sie jedenfalls nicht statt; Mischungen von Blut und Zuckerlösungen bräunen sich in einem warmen Zimmer, während die schon gebildeten Krystalle langsam verschwinden. — Aus den obigen Versuchen sieht man, dass das Vogel- und Fischblut sich im Allgemeinen wie Froschblut verhält.

e. In wie weit sind die von de Vries beobachteten Erscheinungen mit denen, welche wir bei den Blutkörperchen fanden, zu vergleichen?

Bekanntlich nimmt man an, dass die äussere Membran der Pflanzenzelle für Wasser und für Salze permeabel ist, während der Protoplast, der unter gewöhnlichen Umständen dieser Membran anliegt, nur Wasser, keine Salze durchlässt. Bringt man nun um die Zelle eine concentrirte Salzlösung, so wird die Membran damit imbibirt werden und es wird so lange Wasser aus dem Inhalte der Zelle durch den Protoplast treten, bis die Anziehung des darin enthaltenen Salzes zu Wasser, im Gleichgewicht ist mit der Anziehung der umgebenden Flüssigkeit zu Wasser. Durch den Wasserverlust schrumpft der Zellinhalt zusammen und zieht sich von der Membran zurück. Derart stellt man sich die Plasmolyse vor.

Wir stellen uns das Blutkörperchen, wie eine zusammenhängende gelatinöse Masse vor, mit Wasser infiltrirt, welche Masse, wenigstens beim Frosch, Huhn und der Schleihe, von einer Membran umgeben ist, die unter normalen Umständen nichts als Wasser durchlässt. Ob sich zwischen der

äusseren Membran und dem Inhalte noch eine Membran befindet, lassen wir vorläufig bei Seite. Denken wir uns solch ein Körperchen von einer Kochsalzlösung umgeben, stärker als 0·64 Procent, z. B. 1·16 Procent, so wird die umgebende Salzlösung Wasser aus dem Blutkörperchen an sich ziehen und zwar so lange bis die Wasser anziehende Kraft des Inhalts gleich der der umgebenden Flüssigkeit ist. Durch diese Wasseranziehung zeigt der Inhalt des Körperchens gewöhnlich Spalten oder Risse (Figg. 17 und 34), oder das Körperchen ist platt und steif geworden (Fig. 20). Zuweilen, aber selten (öfters bei hyperisotonischen Zuckerlösungen), löst sich der Inhalt von der Zellmembran und contrahirt sich diese nach der Mitte des Körperchens. Mehrmals gelang es, durch Wasser oder durch 0·64 procentige Chlornatriumlösung die zerstückelte Form in die normale umzuwandeln; was auch geschah, wenn die zerstückelte Form durch Quetschung einiger normalen Blutkörperchen zwischen Objectträger und Deckgläschen entstanden war.

Ist, nach dieser Vorstellung, die Wirkung von 0·64 procentiger NaCl-Lösung, welche im Gleichgewicht mit der Salzsolution des Inhalts ist, und auch die einer Lösung, stärker als 0·64 Procent, nicht schwer zu begreifen, so mag es doch befremdlich scheinen, dass in Lösungen, schwächer als 0·64 Procent, der gefärbte Inhalt nicht immer gequollen erscheint (wie man es doch erwarten würde, in Analogie mit dem, was man bei der Pflanzenzelle beobachtet), sondern sich gewöhnlich zu einer fast kugelförmigen Masse *b* zusammenzieht (Fig. 22), welche zuweilen ein kleineres Volum hat als das ursprüngliche Blutkörperchen (s. die Anm. auf S. 37. 38), während in denselben Lösungen doch auch Formen vorkommen, deren gefärbter Inhalt ungefähr gleich oder grösser ist als der des ursprünglichen Blutkörperchens (Fig. 20).

Wir befinden uns hier vor einer Schwierigkeit, welche wir meinen lösen zu können, wenn wir annehmen, dass beim Aufnehmen von Wasser in dem Blutkörperchen ein Coagulum entsteht, das sich zusammenzieht und bei weiterem Wasserzutritt wieder quillt.

Ist das Blutkörperchen von einer Solution umgeben, welche weniger als 0·64 Procent Kochsalz enthält, so wird sich ein Coagulum bilden, indem das Körperchen jetzt Wasser aufnimmt; das Coagulum wird sich zusammenziehen, wie wir dies makroskopisch beobachteten, bei Versetzung des nicht defibrinirten Froschblutes mit Kochsalzlösung von 0·64 Procent und niedriger, und nach Versetzung von Serum des Winterfrosches mit Wasser. Wirkt eine viel schwächere Lösung als 0·64 Procent oder Wasser auf das Blutkörperchen ein, so müssen wir zwei Fälle unterscheiden, 1) schnellen, 2) langsamen Wasserzutritt. Im ersten Falle wird der Inhalt nach eventueller Coagulation, keine Zeit haben, sich zu contrahiren, sondern

sofort zu einer Kugel quellen. Man beobachtet dies z. B. wenn man bei normalem Froschblute Wasser unter das Deckgläschen fliessen lässt. Auch die makroskopischen Coagula verhielten sich auf diese Weise. Im zweiten Falle wird das Coagulum Zeit haben zu entstehen und sich zu contrahiren, während es durch weitere Wasserzufuhr, nach der Contraction wieder wird aufquellen[1] können (Fig. 26), die Zellenmembran erreichen (Fig. 27), spannen (Fig. 28), in Folge dessen Haemoglobin austreten wird. Der langsame Wasserzutritt, sogar in sehr schwachen Salzlösungen, geschieht am besten bei Anwendung des nicht defibrinirten Blutes; das Coagulum scheint hierbei vortheilhaft zu sein. Stricker[2] bekam auch eine langsame Wassereinwirkung bei Anwendung von Wasserdampf.

Dass in Lösungen, ein wenig schwächer als 0·64 Procent, Contraction des Inhaltes auftritt, ist desshalb eine Erscheinung secundärer Natur, welche mit den isotonischen Eigenschaften von Salz- und Zuckersolutionen direct nichts zu machen hat. Ebenso ist die Quellung des Coagulums durch eine noch schwächere Solution als die eben genannte oder durch Wasser, secundärer Natur; während der Farbstoffaustritt, bemerkbar am Röthen der Flüssigkeit (makroskopische Grenze[3]) ein guter Indicator für den Moment ist, wo das Körperchen, im Zusammenhang mit der Spannung der Zellmembran, die möglichst grosse Wasserquantität aufgenommen hat, welche Quantität beherrscht wird von der Anziehung des Inhaltes zu Wasser einerseits und von der der umgebenden Salz- oder Zuckerlösung anderseits. Ist jede der letzteren mit der Ersteren aequivalent, so sind sie es auch unter einander; d. i. die Lösungen sind isotonisch. Auf diese Weise glauben wir erklären zu können, warum die isotonischen Coëfficienten von de Vries wieder gefunden werden, wenn man den Anfang des Haemoglobinaustrittes zu Grunde legt.

Es braucht kaum gesagt zu werden, dass diese Erklärung auch für die isotonischen Erscheinungen gültig ist, welche bei den Körperchen der Warmblüter beobachtet wurden.

Resumiren wir kurz, in wie weit im Zammenhang mit unseren Hypothesen unser Process von Plasmolyse mit der in der Pflanzenzelle zu vergleichen ist.

In Lösungen, stärker als die neutrale, muss sowohl für das Blutkörperchen als für die Pflanzenzelle, Wasserentziehung als die unmittel-

---

[1] Wenn die Coagula, welche bei Vermischung des nichtdefibrinirten Blutes mit Salzlösungen entstanden, das Maximum von Contraction erreicht hatten und in eine schwache Salzconcentration oder in Wasser gebracht wurden, quollen sie auf und zerflossen bei Gegenwart von viel Wasser. Das nämliche fand auch statt bei den Coagula, welche bei der Mischung des Winterfroschserums mit Wasser entstanden.

[2] Stricker, *Handbuch der Lehre von den Geweben.* S. 292.

[3] *Onderzoekingen enz.* Derde Reeks. IX. p. 22.

bare Ursache der Contraction des Inhalts betrachtet werden. Wenn es Concentrationen giebt, in welchen die Pflanzenzelle unverändert bleibt, so findet man sie auch beim Blutkörperchen und es sind eben diese Solutionen, welche beim Blute am Besten angewandt werden können zur mikroskopischen Bestimmung der isotonischen Coëfficienten.

In Lösungen, schwächer als die neutrale (hypisotonische), findet man bei der Pflanzenzelle keine, beim Froschkörperchen wohl Formen, wie die der Plasmolyse. Die Pflanzenzelle quillt auf und dies würde das Blutkörperchen auch immer thun, wenn an die Wasseraufnahme keine secundäre Erscheinung gebunden wäre, namentlich Coagulation des Inhalts, welche Contraction mit sich bringt.

Unsere Hypothese wird nicht unberechtigt erscheinen, wenn man bedenkt, 1. dass Stricker mit ziemlich grosser Sicherheit einen paraglobulinartigen Stoff im Blutkörperchen nachgewiesen hat (a. a. O.), was mit den Untersuchungen von Heynsius[1] und von Landois[2] übereinstimmt; 2. dass die Coagulation und die Löslichkeit der Eiweissstoffe auf das Engste mit der Salzconcentration zuammenhängt, in welcher sie sich befinden; man braucht nur an die Eigenschaften von Paraglobulin, Myosin, Fibrin und Kalialbuminat zu denken, im Zusammenhang mit der Concentration von Salzlösungen, was durch Heynsius[3] so deutlich an's Licht gebracht wurde; man hat sich nur zu erinnern, wie die Coagulation des Blutplasma's mit der Concentration der Salzlösungen zusammenhängt. 3. Wie sich die Eiweissstoffe der Leberzellen durch Hinzufügung von Wasser verändern.[4]

Resumé.

Fassen wir die obigen Resultate zusammen, so finden wir:

1. dass bei den Blutkörperchen des Frosches, des Hühnchens und der Schleihe, nicht bei denen des Rindes, Erscheinungen beobachtet werden, welche an die Plasmolyse der Pflanzenzelle erinnern;

2. dass diese Erscheinungen nicht ausschliesslich in Lösungen vorkommen, welche den Blutkörperchen Haemoglobin entziehen, sondern auch in Lösungen, welche den Körperchen keinen Farbstoff entziehen;

3. dass eine Concentration gefunden wird, in welcher alle Körperchen unverändert bleiben;

---

[1] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. III. S. 414.
[2] *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.* 1874.
[3] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. II. S. 1; — Bd. IX. S. 514; — Bd. XII. S. 559.
[4] Plósz in Pflüger's *Archiv* u. s. w, Bd. VII. S. 371.

4. dass Veränderungen eintreten bei einer stärkeren und bei einer schwächeren Concentration, welche beide erinnern, was die Formveränderung der Körperchen betrifft, an die Plasmolyse in Pflanzenzellen;

5. dass die Concentrationen der Kochsalz-, Rohrzucker- und Kalisalpeterlösungen, in welchen die Körperchen unverändert bleiben, den isotonischen Coëfficienten genau entsprechen;

6. dass die Körperchen in ihrem mit Wasser verdünntem Serum sowohl makroskopisch, wie mikroskopisch sich wie in isotonischen Salz- und Zuckersolutionen verhalten.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, Hrn. Prof. Donders meinen Dank für die mir bei dieser Arbeit geleistete Hülfe auszusprechen.

Erklärung der Abbildungen.

(Taf. I.)

Leitz. Object 8. Ocular III.

Figg. 1 und 2. Blutkörperchen des Frosches, drei Mal 24 Stunden in einer Kochsalzlösung von 0·64 Procent. Temperatur ± 0° C. Sie können von normalen Körperchen nicht unterschieden werden. Figg. 1 und 2 stellen das grösste und das kleinste der in der Flüssigkeit sich befindenden Exemplare vor.

Figg. 3, 4, 5, 6, 7 und 8. Blutkörperchen des Frosches, drei Mal 24 Stunden in einer Rohrzuckerlösung von 2·2 Procent (hypisotoniche Lösung, s. Anm. S. 41). Temperatur 0° C. Die Körperchen liegen in einer farblosen Flüssigkeit.

Fig. 3. Der Kern und die periphere Schicht sind stärker gefärbt, als der dazwischen gelegene Theil.

Fig. 4. wie Fig. 3. Hier hängen ausserdem Kern und periphere Schicht durch zart tingirte Bälkchen zusammen.

Fig. 5. Der Inhalt hat sich zu einer kugelförmigen, stark gefärbten Masse *b*, von der noch ellipsoïdischen Membran zurückgezogen. Im ungefärbten Theil sieht man äusserst feine Falten, wodurch der Inhalt hie und da mit der Membran verbunden ist. Die Falten sind fast ganz farblos.

Fig. 6. Der Inhalt hat sich nicht so stark contrahirt als in Fig. 5. Die Zahl der Verbindungen von Inhalt mit Membran ist geringer. Sie sind aber nicht so fein, sondern deutlich gefärbt.

Fig. 7. Die Zellmembran ist einigermaassen deformirt.

Fig. 8. Die Zellmembran ist deformirt. Der Inhalt hat die maximale Contraction noch nicht erreicht oder hat es schon gethan, quillt aber jetzt wieder auf.

Figg. 9, 10 und 11. Blutkörperchen des Frosches, drei Mal 24 Stunden in einer Rohrzuckerlösung von 0·62 Procent (hypisotonische Lösung). Temperatur ± 0° C. Die Körperchen liegen in einer stark roth gefärbten Flüssigkeit.

Fig. 9. Der Inhalt *b* ist ziemlich gross. Der Wasserzutritt hat wahrscheinlich zu schnell stattgefunden; der Inhalt hat sich demnach nicht so stark contrahiren können, wie in Fig. 5.

Fig. 10. Der Inhalt ist an zwei entgegengesetzten Seiten mit der Membran verbunden.

Fig. 11. *a* hat noch eine Nüance.

Figg. 12, 13, 14, 15, 16 und 17. Blutkörperchen des Frosches drei Mal 24 Stunden in einer Rohrzuckerlösung von 10·26 Procent (hyperisotonische Lösung). Temperatur ± 0° C. Die Körperchen liegen in einer farblosen Flüssigkeit.

Figg. 12 und 13. Die Körperchen sind platt und steif. Der Kern ist sehr körnig.

Figg. 14 und 15. Die Körperchen zeigen Formen wie die der Fig. 5; *b* ist stark contourirt.

Fig. 16. Das Körperchen ist gleichmässig gefärbt. Die Peripherie ist gleichsam zerfressen, der Kern ist nicht deutlich wahrzunehmen.

Fig. 17. Der Farbstoff ist sehr ungleichmässig im Körperchen vertheilt. Hier und da bildet es deutlich Risse oder Spalten.

Figg. 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 und 25. Blutkörperchen des Frosches drei Mal 24 Stunden in einer Kochsalzlösung von 0·25 Procent (isotonisch mit einer Rohrzuckerlösung von 2·2 Procent). Temperatur ± 0° C. Die Körperchen liegen in einer farblosen Flüssigkeit.

Fig. 18. Der Inhalt fängt an, sich von der Zellmembran zurückzuziehen. Der Kern *k* ist noch deutlich zu sehen.

Fig. 19. Der Inhalt hat sich schon stärker als in Fig. 18 contrahirt. Der Kern ist unsichtbar geworden.

Fig. 20. Der Inhalt hat sich zu einer fast kugelförmigen Masse contrahirt. (S. die Bemerkung bei Fig. 6).

Fig. 21. Siehe die Bemerkung bei Fig. 11.

Fig. 22. Siehe die Bemerkung bei Fig. 7.

Fig. 23 und 24. Der zurückgezogene Inhalt ist nicht durch Falten mit der Membran verbunden.

Fig. 25. Siehe die Bemerkung bei Fig. 10.

Figg. 26, 27, 28 und 29. Blutkörperchen des Frosches, drei Mal 24 Stunden in einer Kochsalzlösung von 0·072 Procent (isotonisch mit Rohrzuckerlösung von 0·62 Procent). Temperatur ± 0° C. Die Körperchen liegen in einer stark gefärbten Flüssigkeit.

Fig. 26. Die Zellmembran hat eine einigermaassen unregelmässige Form; *b* ist viel grösser als in Fig. 22. Siehe die Bemerkung bei Fig. 9.

Fig. 27. Der contrahirte Inhalt befindet sich offenbar in Quellungen, doch hat sich die Membran noch nicht maximal gespannt. Man sieht noch zwei einander diametral gegenüber liegende Schlingen der Zellmembran.

Fig. 28. Der Inhalt ist stark geschwollen. Die Zellmembran ist gespannt, der Kern deutlich geworden.

Fig. 29. Der Inhalt hat sich contrahirt. Ein Theil des peripheren Inhalts ist noch mit der Zellmembran verbunden geblieben.

Figg. 30, 31, 32 und 33. Blutkörperchen des Frosches, drei Mal 24 Stunden in einer 1·16 procentigen Kochsalzlösung (isotonisch mit Rohrzuckerlösung von 10·26 Procent). Temperatur ± 0° C. Die Körperchen liegen in einer farblosen Flüssigkeit.

Figg. 30 und 31. Die Körperchen slnd platt und steif. Der Kern ist körnig und scharf contourirt.

Fig. 33. Der Inhalt ist in Stücke zerfallen.

Figg. 34, 35, 36, 37 und 38. Blutkörperchen des Frosches, zwei Mal 24 Stunden in einer gesättigten Kochsalzlösung (36 Procent). Temperatur ± 0° C. Die Körperchen liegen in einer rothen, gelatinösen Flüssigkeit.

Fig. 34. Der farblose, körnige, scharf umschriebene Kern *k*, liegt quer im Körperchen.

Fig. 35, wie Fig. 34; aber der Kern in der normalen Richtung.

Fig. 36. Ausser einem queren Kerne *k*, findet man auch noch eine grosse starkgefärbte Kugel *m*.

Fig. 37. Kern mit zwei einander diametral gegenüber liegenden flockenähnlichen Gebilden. Man sieht eine grosse Zahl dieser Exemplare bei einander liegen.

Fig. 38. Die gefärbte Kugel *m* ist hier kleiner als in Fig. 36. Ausserdem ist der Kern rund.

Figg. 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49 und 50. Blutkörperchen der Schleihe (Tinca Cuv.), zwei Mal 24 Stunden in einer Rohrzuckerlösung von 8 Procent (hypisotonisch). Temperatur 0° C.

Fig. 39. Das Körperchen hat ein körniges Ansehen. Der Kern ist nicht mehr wahrzunehmen.

Fig. 40. Der Inhalt hat sich von der Zellmembran zurückgezogen.

Fig. 41. Der Inhalt des Körperchens ist zu einem Stäbchen krystallisirt, welchem der Kern *k* angedrückt ist.

Fig. 42. Es haben sich mehrere Stäbchen aus dem Zelleninhalt entwickelt. Die Stäbchen trachten durch die Membran zu dringen.

Fig. 43. Entstanden nach Umdrehung der Fig. 42.

Fig. 44. Entstanden nachdem Fig. 43 ungefähr 15 Minuten in einem warmen Zimmer sich selbst überlassen ist.

Fig. 45. Entstanden, nachdem Fig. 44 während 5 Minuten sich selbst überlassen ist. Von Krystallstäbchen ist nichts mehr zu finden. Diese haben sich innerhalb der Zellmembran aufgelöst.

Figg. 46, 47 und 48. Siehe die Bemerkung bei Fig. 42. In Fig. 46 sieht man sehr deutlich, dass der Kern *k* innerhalb der Zellmembran gehalten wird.

Figg. 49 und 50. Zwei Formen, durch Wasserzutritt hintereinander entstanden aus der Fig. 48.

Lebende Zitterrochen in Berlin.

Zweite Mittheilung.[1]

Von

E. du Bois-Reymond.

---

§. 1. Einleitung.

Ich habe im verflossenen Sommer (1884) und in diesem Winter und Frühling (1884—85) durch gütige Vermittelung des Directors des Berliner Aquariums, Hrn. Dr. Otto Hermes, wieder über mehrere lebende Zitterrochen (T. marmorata) aus Triest verfügt. Im Sommer waren es vier Weibchen, I, II, III, IV, von beziehlich 29·5, 35, 31·5, 31·5^{cm} Länge. Torpedo I kam am 9. Juni sehr krank an. Als ich sie Tages darauf verarbeitete, athmete sie noch regelmässig, sie schloss aber die Spritzlöcher nur zum Theil, und merkwürdigerweise befand sie sich in einer Art von Opisthotonus, so dass ihr Rücken in sagittaler Richtung stark concav war. II, III, IV kamen am 23. Juni an, und wurden beziehlich am 9. und 16. Juli und am 13. August, nach rund 2, 3, 7 Wochen Aufenthalt in den Becken des Berliner Aquariums (I. S. 88) getödtet. Der Wintervorrath, am 22. October eingebracht, bestand aus drei Weibchen, V, VI, VII, von beziehlich 28·5, 26·5, 28^{cm} Länge; sie wurden am 21. und 30. December 1884 und am 6. Mai 1885, nach rund 8, 9, 28 Wochen geopfert. Eine

---

[1] Aus den *Sitzungsberichten der kgl. Preuss. Akademie der Wissenschaften* vom 16. Juli (ausgegeben am 23. Juli) 1885. 2. Hlbbd. S. 691—750. — S. auch *Mathematische und naturwissenschaftliche Mittheilungen* u. s. w. 1885. S. 355—415. — In *diesem Archiv* findet sich die Erste Mittheilung 1885. S. 86—145; sie wird im Folgenden als I. angeführt. Die dort S. 86 Anm. 3 und S. 87 Anm. 3 eingeführten Abkürzungen von Selbstcitaten gelten auch für diese Mittheilung.

erste Frühlingssendung in diesem Jahre verunglückte, doch kam noch am 8. Mai ein 34^{cm} langes Weibchen (VIII) wohlbehalten an und wurde am 3. Juni verarbeitet.

Auch im Sommer 1883 hatte ich von der Ankunft der Fische bis zur Tödtung 3 und 5, im Winter 1883—84 8, 10 und 15 Wochen verstreichen lassen. Der Grund dieser Zögerungen liegt darin, dass man, um eine Torpedo auszunutzen, mindestens zwei volle Tage nacheinander ununterbrochen muss dabei bleiben können, was meine Geschäfte mir nur in weiten Zwischenräumen gestatten. Ich erwähne dies, weil natürlich die Leistungsfähigkeit der Thiere, namentlich im Sommer, sehr unter Verlängerung ihrer Haft leidet. Im Sommer 1883, wo sie früher hier eintrafen, hatten sie sich verhältnissmässig gut gehalten. Die Fische der Frühlingssendung 1884 blieben zwar ruhig im Kies eingewühlt — eine Stellung, welche sie verlassen, sobald sie ernstlich erkranken (I. S. 88) — sie sahen ganz gut aus, athmeten regelmässig und sträubten sich lebhaft, wenn man sie am Schwanz aufhob. Sie schlugen aber erst nach wiederholten heftigen Reizen, und ihre elektrische Kraft war so gesunken, dass es mir am 29. Juli nicht gelang, in der (I. S. 95) geschilderten Art den Schlag der vierten Torpedo meinen Zuhörern fühlbar zu machen. Dieser geringen Leistungsfähigkeit des Organs entsprach sichtlich dessen Beschaffenheit, ganz wie man schlecht reagirenden Froschpraeparaten sogleich ihre üble Verfassung ansieht;[1] es war weich, zerfliesslich, die Schnittflächen troffen von Flüssigkeit, und bei dem fehlenden Turgor fielen die Organpraeparate nicht so gut aus wie früher (I. S. 111. 112). Auch ihr Organstrom erschien minder stark und in eigener Art unregelmässig (s. unten §. 2). Unstreitig kam dies daher, dass die Fische bei vergleichsweise hoher Temperatur fasteten; bisher hat sich aber keine Art gefunden, sie zu füttern (I. S. 89). Von der siebenten Torpedo, welche den ganzen vorigen Winter, über ein halbes Jahr, im Aquarium gelebt hatte, glaubten die Wärter, dass sie Nahrung zu sich genommen habe; sie schlossen dies aber nur aus ihrem scheinbar kräftigen Zustand. Ich fand Magen und Darm ganz leer.

Die im Winter bei nur $10 \cdot 5$—10^{0} C. gehaltenen Fische leiden zwar weniger als die Sommerfische unter der Gefangenschaft. Doch auch sie sind, nach ihrer elektrischen Leistungsfähigkeit zu urtheilen, weit entfernt vom normalen Zustande.[2] Selbst vierundzwanzig Stunden vor den Versuchen in gewärmtes Seewasser gebracht, schlagen sie nur schwach, und nur auf stärkere Reize.

Unsere Versuche an elektrischen Fischen bewegen sich noch vielfach diesseit der Grenze, wo das höchste Maass von Leistungsfähigkeit unent-

---

[1] *Untersuchungen über thierische Elektricität.* Bd. II. Abth. I. S. 168.

[2] Vergl. I. S. 96; — *Untersuchungen* u. s. w. S. 266.

behrlich wird, und trotz des schlechten Zustandes mancher Praeparate glückten mir doch wieder einige, wie ich glaube, nicht unwichtige Ermittelungen. Diese beabsichtige ich jetzt mitzutheilen, ohne auf neue Sendungen zu warten, deren glückliches Eintreffen mehr oder weniger vom Zufall abhängt. Andererseits hatte jener Mangel an Leistungsfähigkeit allerdings zur Folge, dass gewisse andere Fragen noch nicht völlig erledigt werden konnten. Doch werde ich auch über diese dem augenblicklichen Stande der Dinge gemäss berichten, wie denn überhaupt die Beschränktheit des Materials und die Unsicherheit seiner Beschaffung mich zwingen, hier von der Regel abzuweichen, die ich an den Muskeln und Nerven stets zu befolgen strebte, nur nach bestem Wissen und Können abgeschlossene Untersuchungen zu veröffentlichen.

Die Vorbereitungen zu den Versuchen waren dieselben, wie bei denen der Ersten Mittheilung (I. S. 89). Die Tödtung der Thiere geschah in allen Fällen auf die dort S. 110 beschriebene Art durch Ausstanzen der elektrischen Lappen des Gehirns mittels eines einzigen Hammerschlages. Mit Savi's Abbildung[1] vor Augen hat diese Operation keine Schwierigkeit auch für Jemand, dem die Zitterrochen-Anatomie nicht so vertraut ist, wie Prof. Fritsch. Es empfiehlt sich, zuerst die Haut in der Sagittalebene zu spalten, da sie leicht unter dem Locheisen seitlich ausgleitet und das Eisen mitnimmt, so dass die Sagittalebene nicht das Loch hälftet. Nie schlägt das Thier nach Entfernung der Lappen, auch wenn diese nicht tadellos gelang, doch kann es noch lange sowohl von selber zappeln wie auch reflectorisch sich sträuben. Das von den Organen nicht am Schlachttage Verbrauchte wurde bei wärmerer Witterung auf Eis bewahrt.

Vielleicht ist es nicht unnütz zu bemerken, dass die von mir seit vielen Jahren und auch im Folgenden wieder angewendete Polarisationswippe mit ihren die Dauer eines polarisirenden Stromes regelnden Zeitscheiben[2] sich in der unlängst erschienenen Schlusslieferung meiner 'Untersuchungen über thierische Elektricität' jetzt beschrieben und abgebildet findet.[3] Hier sind auch meine Untersuchungen über Polarisation an der Grenze ungleichartiger Elektrolyte und im Inneren feuchter poröser Halbleiter vollständig mit-

---

[1] Matteucci, *Traité des Phénomènes électro-physiologiques des Animaux.* Paris 1844. Planche I.

[2] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. I. S. 3. 13. 34; — Bd. II. S. 718; — *Dies Archiv*, 1883, S. 9. 10; — 1885, S. 116.

[3] A. a. O. Bd. II. Abth. II. Berlin bei G. Reimer 1884. S. 389—395. Taf. VI. Fig. 151. 152. A. B. — Die Mittel, welche mir zu Gebote stehen, um einen polarisirenden oder tetanisirenden Strömungsvorgang fein abgestufte Bruchtheile der Secunde dauern zu lassen, sind hier noch nicht dargelegt; dies soll bei nächster Gelegenheit geschehen.

getheilt, welche für alle Ermittelungen an den elektromotorischen Geweben eine der wichtigsten Grundlagen bilden und bisher erst auszugsweise im ersten Bande der 'Gesammelten Abhandlungen' vorlagen.

§. 3. Vom elektromotorischen Verhalten der Haut der Zitterfische.

An den Organpraeparaten vom Zitterwelse hatte ich umsonst nach einer elektromotorischen Wirkung in der Ruhe, einem Organstrome, gesucht. Dieser Misserfolg muss jetzt befremden, wo am Zitteraal und Zitterrochen, angeblich sogar am unvollkommenen elektrischen Organ des gemeinen Rochen, solche Wirkungen nachgewiesen sind.[1] Er erklärt sich weder durch gesunkene Leistungsfähigkeit der Praeparate, denn sie waren in viel besserem Zustande als viele Praeparate vom Zitterrochen, welche mir jetzt den Organstrom gaben, noch durch die Unvollkommenheit der Versuchsweise, denn ich bediente mich des Nervenmultiplicators, und der Widerstand der alten Zuleitungsgefässe und der mit Eiweisshäutchen bekleideten Kochsalzbäusche war sicher kleiner als der der jetzigen, unpolarisirbaren Vorrichtung. Die Polarisation des Platins in den alten Zuleitungsgefässen bliebe übrig, um zu erklären, dass eine beständige schwache Wirkung mir entgehen konnte; sie hinderte aber doch nicht die Wahrnehmung einer geringen Positivität der äusseren Hautfläche gegen alle übrigen natürlichen wie künstlichen Begrenzungen des Organpraeparates, einer Wirkung, mit welcher, wie sich jetzt zeigen wird, der Organstrom, wenn vorhanden, von gleicher Ordnung gewesen wäre.

Am Zitteraal fand Sachs Punkte der Haut schwach positiv (0·0050 Daniell = 0·0053 Raoult; — s. I. S. 113) gegen in derselben Querebene gelegene Punkte natürlicher, nicht mit Haut bekleideter Längsschnitte, sowie gegen solche Punkte künstlicher Längs- und Querschnitte. Gegen die Kopffläche eines Organstückes verhält sich die Haut schwächer positiv, gleichartig, oder sehr schwach negativ, gegen die Schwanzfläche stärker positiv: da man die algebraïsche Summe des Organstromes der zwischen den Ableitungspunkten gelegenen Strecke und des Hautstromes erhält. Bei der ersten Anordnung betrug beispielsweise die Kraft im Mittel 0·0040, bei der zweiten 0·0195, woraus die Hautstromkraft sich zu 0·0155/2 = 0·00775 berechnet, was mit der unmittelbaren obigen Messung (0·005) hinlänglich stimmt.[2]

---

[1] *Untersuchungen* u. s. w. S. 169 ff.

[2] *Untersuchungen* u. s. w. S. 172.

Natürlich drängte sich mir die Frage auf, wie sich am Zitterrochen die Haut elektromotorisch zum Inneren des Organes verhalte. Die Dinge liegen hier nicht so einfach, wie beim Zitterwelse, wo kein merklicher Organstrom sich einmischte, und beim Zitteraale, wo das Organ seitlich von Haut begrenzt ist, folglich der Organstrom ausgeschaltet werden kann, indem man die Ableitung von Haut und Organ auf einer und derselben, rücksichtlich des Schlages und des Organstromes isoëlektrischen Curve vornimmt. Beim Zitterrochen sind die Polflächen der Organpraeparate mit Haut bekleidet, und wenn die Ableitung einerseits von der einen dieser Flächen, andererseits von der Seitenfläche oder einem Querschnitt des Praeparates geschieht, hat man stets den Organstrom der zwischen beiden Ableitungspunkten begriffenen Säulenstrecke im Kreise, und kann etwaige elektromotorische Wirkungen der Haut erst durch Elimination bestimmen, was aber folgendermaassen ausführbar ist.

In Fig. 1 erkennt man ein Organpraeparat, bei *V* von der Bauch-, bei *D* von der Rückenhaut begrenzt. Die Bögen 1—6 stellen verschiedene Lagen des Bussolkreises vor, dessen Enden die Thonspitzen der unpolarisirbaren Leitungsröhren bilden, und in welchem mittels des runden Compensators das Gleichgewicht zur Messung elektromotorischer Kräfte hergestellt wird. Der Punkt *m* hälftet möglichst genau die Länge des Praeparates; die Punkte *d'*, *d,* und *v'*, *v,* liegen beziehlich der Rücken- und der Bauchhaut möglichst nahe.[1]

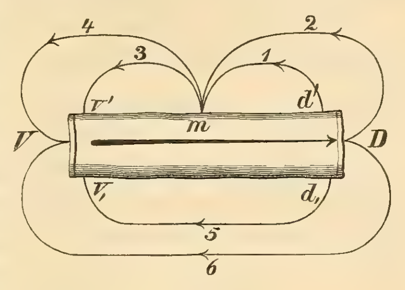


Fig. 1.

In allen Fällen hat man Organstromkraft im Kreise, in den Fällen 2, 4, 6 überdies die etwaige elektromotorische Wirkung der Haut. Rückt man aber mit der dorsalen Spitze von *d'*, *d,* nach *D*, oder mit der ventralen Spitze von *v'*, *v,* nach *V*, so nimmt man nicht nur die Haut in den Kreis auf, man verlängert auch ein wenig die Säulenstrecke zwischen den Spitzen. Ist die Haut elektromotorisch unwirksam, so muss also der Uebergang von *d'*, *d,* zu *D*, sowie der von *v'*, *v,* zu *V*, eine geringe Verstärkung der positiven Organstromkraft zur Folge haben, welche bei regelmässiger säulenartiger Anordnung im Praeparat, und bei gleicher Länge der hinzugetretenen Säulenstrecken, in beiden Fällen dieselbe sein wird. Eine Abweichung

[1] Die Anordnungen *mV*, *mD* wurden schon von Hrn. Eckhard untersucht, der aber dabei so wenig wie zwischen *V* und *D* am ruhenden Organ elektromotorische Wirkung erhielt. (*Beiträge zur Anatomie und Physiologie.* Bd. I. Giessen 1858. 4. S. 161. 162. — Vergl. I. S. 110. 115).

von diesem Verhalten dagegen wird unter Umständen auf elektromotorische Wirksamkeit der Haut zu deuten sein.

Solche Abweichung zeigt sich nun wirklich mit grosser Regelmässigkeit in dem Sinne, dass man am Rücken beim Uebergange von 1 zu 2 (von md' zu mD) ansehnliche Verstärkung, am Bauche beim Uebergange von 3 zu 4 (von mv' zu mV) etwas geringere Schwächung der positiven Kraft beobachtet. Letzterer Erfolg kann nicht von Verlängerung der Säulenstrecke herrühren. Dagegen erklären sich beide Erfolge vollkommen bei der Annahme schwacher Positivität der Haut gegen das Innere. Dass die Schwächung am Bauche weniger beträgt, als die Verstärkung am Rücken, könnte man beim ersten Anblick von verschiedener elektromotorischer Beschaffenheit der pigmentirten Rücken- und pigmentlosen Bauchhaut ableiten wollen, welche übrigens beim Frosch nicht sicher nachweisbar ist.[1] Doch liegt ein anderer Grund näher, der keine neue Voraussetzung nöthig macht, nämlich dass die in beiden Fällen aus der Verlängerung der Säulenstrecke zwischen den Spitzen entspringende Verstärkung des Organstromes am Rücken sich zur Hautwirkung hinzufügt, am Bauche davon abzieht.

Die Versuche wurden zuerst am letzten Sommerfisch (IV)* angestellt. In einem gut gelungenen Versuch erhielt ich

im Bogen 1 (md')	. . . . .	+ 0.0057	Raoult
„ „ 2 (mD)	. . . . .	+ 0·0103	„
„ „ 3 (mv')	. . . . .	+ 0·0049	„
	. . . . .	+ 0·0063	„
	Mittel	+ 0·0056	„
„ „ 4 (mV)	. . . . .	+ 0·0034	„
	. . . . .	+ 0·0029	„
	Mittel	+ 0.0032	„

Die Verstärkung am Rücken beim Uebergang von md' zu mD betrug also 0·0046, die Schwächung am Bauche beim Uebergange von mv' zu mV, gemäss dem oben Gesagten, nur etwa die Hälfte, 0·0024. Sei x der Potentialunterschied zwischen Haut und Innerem des Organs, δ die Kraft der Säulenstrecken zwischen der Haut und den ihr zunächst anliegenden Spitzen, so haben wir am Rücken

$$0{\cdot}0057 + \delta + x = 0{\cdot}0103,$$

am Bauche

$$0{\cdot}0056 + \delta - x = 0{\cdot}00315,$$

woraus sich ergeben

$$\delta = 0{\cdot}0011,\ x = 0{\cdot}0036.$$

---

[1] *Untersuchungen über thierische Elektricität.* Bd. II. Abth. II. S. 14.

Als ich die Versuche im verflossenen Winter an dem am 21. December geopferten Fische (V) wiederholen wollte, stiess ich zunächst auf eine neue Erscheinungsweise des Organstromes. Ich fand ihn nämlich an mehreren Organpraeparaten regelmässig positiv in der dorsalen, dagegen regelwidrig negativ in der ventralen Hälfte der Säulen. Da der Fisch aus den kalten Becken des Aquariums rasch in wärmeres Wasser versetzt worden war, glaubte ich anfangs an eine Störung durch Hydrothermoströme. Ich musste aber diese Meinung aufgeben, als Fisch VI, den ich am 30. December tödtete, nachdem er über vierundzwanzig Stunden bei mir in Wasser von 17·5° gehalten worden war, dieselbe Erscheinung zeigte, nur mit dem Unterschiede, dass diesmal die dorsale Hälfte der Säulen negativ wirkte. Ich schritt nun wieder zu Messungen und erhielt

im Bogen	1 (md')	. . . . . — 0·0021	Raoult
„ „	2 (mD)	. . . . . — 0·0012	„
„ „	3 (mv')	. . . . . + 0.0067	„
„ „	4 (mV)	. . . . . + 0·0057	„
„ „	5 ($v_{,}d_{,}$)	. . . . . + 0.0029	„
„ „	6 (VD)	. . . . . + 0·0029	„

Zunächst ist zu bemerken, dass, wie in der ersten Reihe und in dieser $mV < mv'$, diesmal auch $mD < md'$ ausfiel, weil nämlich jetzt auch am Rücken die Hautstromkraft von der Organstromkraft sich abzog; ferner dass die Kraft in den Bögen 5 und 6 wegen der entgegengesetzten Wirkung beider Säulenhälften kleiner war als die der stärkeren Hälfte, wenn auch $v_{,}d_{,}$ etwas $<$, VD etwas $>$ 0·0045 hätte sein müssen, statt dass beide nur, und ununterschiedlich, 0·0029 betrugen.

Um aus unseren Zahlen x zu bestimmen, darf man nicht so verfahren, wie oben, wo wir δ, den Zuwachs der Organstromkraft durch die Verlängerung der Säulenstrecken beim Uebergange von md' zu mD, mv' zu mV, wegen der merklich gleichen Wirksamkeit beider Hälften der Säulen, an Bauch und Rücken gleich setzen konnten. Nimmt man aber an, dass die ganze eine Hälfte der Säulen positiv, die ganze andere negativ wirkte, so kann man folgendermaassen verfahren.

Heisse δ_d der Zuwachs am Rücken, δ_v der am Bauche, so hat man zur Bestimmung von x, δ_d, δ_v, die drei Gleichungen:

$$- 0{\cdot}0021 - \delta_d + x = - 0{\cdot}0012,$$
$$+ 0{\cdot}0067 + \delta_v - x = + 0{\cdot}0057,$$
$$\delta_v = - \delta_d \frac{67}{21},$$

woraus sich ergeben

$$\delta_d = 0{\cdot}00024, \ \delta_v = 0{\cdot}00131,$$

und, je nachdem man x aus der ersten oder zweiten der es enthaltenden, wegen der Beobachtungsfehler nicht völlig mit einander stimmenden Gleichungen berechnet:

$$x = 0{\cdot}000924 \text{ oder } = 0{\cdot}000869, \text{ im Mittel } = 0{\cdot}000896.$$

Das Längenverhältniss der positiv und der negativ wirksamen Säulenabschnitte genauer anzugeben, wäre kaum ausführbar gewesen; die Gewinnung besserer Zahlen muss überhaupt, sofern sie der Mühe werth ist, der Zukunft vorbehalten bleiben. Vorläufig scheint es, als sei die elektromotorische Kraft der Haut an den Winterfischen bedeutend (etwa viermal) kleiner als an den Sommerfischen, was leicht möglich ist.

Sowohl der Richtung wie der Grössenordnung der Wirkung nach verhält sich also beim Zitterrochen die Haut elektromotorisch wie beim Zitteraal; der Richtung nach auch sicher wie beim Zitterwelse, und wahrscheinlich ist auch die Grösse der Kraft hier von derselben Ordnung wie bei den beiden anderen Fischen (s. oben S. 54). Diese Wirkung kann auf dreierlei Art aufgefasst werden.

Erstens liegt es nahe zu fragen, ob man nicht darin auf einen Potentialunterschied zwischen Längs- und Querschnitt der Säulen gestossen sei, da vielleicht die Haut einen unwirksamen leitenden Ueberzug über den natürlichen Querschnitt der Säulen vorstellt, ähnlich wie die sehnigen Ausbreitungen über dem natürlichen Muskelquerschnitt. Diese Meinung wird dadurch widerlegt, dass man zwischen der Seitenfläche der Säulen und einem künstlichen Querschnitt keine in Betracht kommende Wirkung erkennt, keine merkliche Veränderung des Organstromes beim Rücken der einem solchen Querschnitt nahen Thonspitze auf den Querschnitt selber.

Die zweite Vermuthung ist, dass die Haut mit dem zur Ableitung dienenden Material und dem Organ eine Flüssigkeitskette bildet, beim Zitteraal nach dem Schema:[1]

Physiologischer Thon	Organ + Organ	Haut + Haut mit Flusswasser benetzt	Thon;

——————————→

beim Zitterrochen nach dem Schema:

Physiologischer Thon	Organ + Organ	Haut + Haut mit Seewasser benetzt	Thon,

——————————→

und beim Zitterwelse nach dem Schema:

Hühnereiweiss	Organ + Organ	Haut + Haut mit Flusswasser benetzt	Hühnereiweiss.

—————— ——————————→

[1] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 265.

Es kann auffallen, dass die Dazwischenkunft des Seewassers, vollends des alkalisch reagirenden Hühnereiweisses statt des mit physiologischer Chlornatriumlösung angekneteten Thones nicht ansehnlichere Unterschiede der Wirkung bedingt. Doch müsste man, um hier sicher zu urtheilen, erst die chemische Reaction der Zitterrochenhaut studiren, und auch Versuche mit zuleitenden Flüssigkeiten von mehr ausgesprochenem elektrochemischen Charakter anstellen.

Die dritte Vermuthung ist, dass die Haut selbständig elektromotorisch wirkt, wie, nach meiner Entdeckung,[1] die Haut der nackten Amphibien. Auch diese Annahme hat mancherlei gegen sich. Erstens wäre die Richtung der Kraft die umgekehrte, da bei den Amphibien die Haut von aussen nach innen wirkt. Zweitens wäre sie über elfmal kleiner als dort, wo die Hautstromkraft vielmehr von der Ordnung der Muskel- und Nervenstromstromkraft gefunden wird.[2] Drittens wurden bisher bei keinem der untersuchten Fische, unter denen auch schuppenlose waren, wie der Aal, Hautströme beobachtet.[3] Viertens schien mir beim Zitterrochen die elektromotorische Wirksamkeit der Haut die des Organs zu überdauern, was mehr zu einer Flüssigkeitskette passen würde. Fünftens gelang es mir nicht, an abgelösten Stücken Haut eine elektromotorische Wirkung von bestimmter Richtung und Grösse zwischen äusserer und innerer Fläche zu beobachten. Ich verfuhr dabei wie einst Hr. Rosenthal mit der Froschhaut:[4] in zwei aufeinandergelegte Glimmerblätter schlug ich Fenster mit dem Locheisen, legte die Haut dazwischen, und presste die Glimmerblätter zwischen die Thonschilde der Zuleitungsbäusche so ein, dass einerseits nur Bauch-, andererseits nur Rückenfläche der Haut den Thon berührte. Es ist zu sagen, dass bei diesem Versuche die Haut nicht mehr frisch war, und durch Trockniss wie durch häufiges Anfassen des Fisches gelitten haben mochte. Inzwischen scheint der Erfolg im Verein mit den übrigen Gründen doch sehr gegen selbständige elektromotorische Wirkung der Haut zu sprechen.

Um zwischen den beiden letzteren Auffassungen zu entscheiden, wären Versuche nöthig wie die, durch welche ich die elektromotorische Wirkung der Froschhaut feststellte.[5] Leider stossen sie hier auf grosse Schwierigkeiten. Das Ablösen hinreichend grosser Stücke unversehrter Haut, welches beim Frosch durch die unter der Haut liegenden Lymphräume begünstigt wird, ist am Zitterrochen nicht wohl ausführbar. Ich versuchte daher an

---

[1] *Monatsberichte der Akademie.* 1851. S. 380; — *Untersuchungen über thierische Elektricität.* Bd. II. Abth. II. S. 9 ff.

[2] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 261.

[3] *Untersuchungen über thierische Elektricität.* A. a. O. S. 16. 17.

[4] *Dies Archiv.* 1865. S. 309.

[5] *Untersuchungen über thierische Elektricität.* A. a. O.

den beiden ersten Winterfischen (V und VI) Ströme durch ungleichzeitiges Anlegen von Bäuschen zu beobachten, welche mit gesättigter Chlornatriumlösung getränkt waren. Beim Frosch und anderen nackten Amphibien erhält man dabei stets einen starken Strom von der jüngeren zur älteren Berührungsstelle in der Haut, weil durch deren Anätzung ihre in der Haut von aussen nach innen gerichtete elektromotorische Kraft vermindert, ja vernichtet wird. Ich stellte die Versuche am Schwanz der Rochen an, den ich mit einem Stück Rückenwirbelsäule und Körperscheibe hoch oben amputirt hatte. Natürlich fehlte es nicht an Strömen, doch hatten sie bald die eine, bald die andere Richtung, verschwanden auch öfter nicht bei fortgesetztem Anliegen beider Bäusche, so dass nichts darauf zu geben war, um so weniger, als theils aus dem Inneren der Körpertheile, theils von den benachbarten Wundflächen her Täuschungen drohten. Die Stärke der Ströme mit der beim Frosch zu vergleichen, hätte keinen Sinn gehabt; Kraftmessungen sind durch die Vergänglichkeit der Wirkungen ausgeschlossen.

Die ganze Angelegenheit ist nicht sehr wichtig, und hat schwerlich Bezug auf das elektromotorische Vermögen des Zitterrochen- und des Zitteraal-Organs; vielmehr ist zu vermuthen, dass auch bei anderen Fischen die Haut sich schwach positiv gegen elektromotorisch unwirksame innere Theile verhält, nur dass es dort an solchen Theilen fehlt, welche, wie die Organpraeparate, nur aus Haut und einem elektromotorisch unwirksamen oder nach bekanntem Gesetze schwach wirksamen Gewebe bestehen. Ob die beim Zitterwels beobachtete Positivität der Haut etwas zur Begründung der von Prof. Fritsch aufgestellten Hypothese beitragen könne, nach welcher das Organ dieses Fisches aus Schleimzellen der Haut entstanden wäre,[1] muss dahingestellt bleiben. Immerhin bildet die Erforschung der Hautungleichartigkeiten ein nothwendiges Glied in der Untersuchung des Organstromes, und die Möglichkeit, diese beiden Wirkungen von einander zu zu trennen, wo bis vor Kurzem noch jede Wirkung zweifelhaft, ja in Abrede gestellt war, zeugt wenigstens von der Ueberlegenheit unserer Versuchsweisen.

§. 3. Ueber Polarisation des Organs durch Wechselströme.

Die wichtigsten Fragen über das elektrische Organ knüpfen sich augenblicklich an dessen Verhalten beim Hindurchsenden fremder homodromer oder heterodromer Stöme, in Betreff erstens der hinterbleibenden Polarisationen, zweitens der scheinbar irreciproken Leitung des Organs. Giebt

---

[1] *Monatsberichte* u. s. w. 1881. S. 1154; — *Dies Archiv.* 1882. S. 66.

es relativ positive Polarisation des Organs, oder ist sie nichts als die allmählich in den Organstrom auslaufende Nachwirkung eines Schlages? Leitet das Organ irreciprok, oder entsteht nur der Anschein solcher Leitung durch absolut positive, zum homodromen Strom sich addirende Polarisation, was auch der letzteren Ursache und Bedeutung sei?

Zur Entscheidung der ersten Frage hatte ich schon früher Organpraeparate mit Wechselströmen tetanisirt, in der Meinung, dass, wenn die absolut positive Polarisation Nachwirkung des Schlages wäre, sie nach kurzem Tetanus mit grösster Stärke auftreten müsste. Ich bediente mich des Schlitteninductoriums mit gewöhnlicher Einrichtung, auf dessen ganz mit Stäben gefüllter primärer Rolle die secundäre Rolle ganz aufgeschoben war. Die Enden dieser Rolle wurden mit den beiden Klemmen der Polarisationswippe verbunden, welche sonst die Enden des Säulenkreises aufnehmen.[1] Die Feder des Inductoriums spielte, und sobald die Wippe nach doppelter Oeffnung des Bussolkreises den secundären Kreis doppelt schloss, trafen die in letzterem inducirten Ströme das Praeparat. Beim Zurückfallen der Wippe erwartete ich unter allen Umständen stärkste absolut positive Polarisation, erhielt aber nach 5″ langem Tetanisiren nur schwache Polarisation in dem Sinne, als seien die Oeffnungsschläge allein vorhanden, nämlich absolut und relativ positive Polarisation bei homodromen, absolut positive und relativ negative Polarisation bei heterodromen Oeffnungsschlägen (vergl. I. S. 133.) Das Ergebniss konnte nicht für entscheidend gelten, sofern die Versuche im Winter 1883—84 am letzten Fisch und am zweiten Tage angestellt wurden, wo das Organ nicht mehr gehörig leistungsfähig war; eben deshalb konnten sie damals nicht wiederholt werden.

Als im Sommer darauf neue Zitterrochen eintrafen, nahm ich bei erster Gelegenheit den Faden dieser Untersuchung wieder auf. Auch die zu den nächstfolgenden Versuchen verwendeten Praeparate liessen zu wünschen übrig, denn sie stammten von dem zuerst angelangten, im Opisthotonus befindlichen Fische her (s. oben S. 51), und abermals waren seit dem Tode über 24 Stunden verflossen, doch gaben sie noch kräftigen Organstrom, als untrügliches Zeichen erhaltener Leistungsfähigkeit.

Um unter einfacheren Verhältnissen zu arbeiten als das vorige Mal, begann ich damit, am Schlitteninductorium die gewöhnliche Einrichtung mit der Helmholtz'schen zu vertauschen, jedoch ohne die gewünschte Congruenz des zeitlichen Verlaufes des Schliessungs- und Oeffnungsschlages zu erreichen, was in Wirklichkeit bei etwas strengeren Anforderungen nicht so leicht ist, wie in der Theorie. Aus Gründen, welche sich meinen For-

---

[1] In Fig. 151 auf Taf. VI der 2. Abth. 2. Bds. der *Untersuchungen über thierische Elektricität* sind es die, zu welchen die mit s_1 und s_4 bezeichneten Drähte hingehen.

meln[1] entnehmen lassen, war jetzt der Schliessungsschlag der kürzere stärkere, der Oeffnungsschlag der längere schwächere. Demgemäss spielte der Schliessungsschlag jetzt die Rolle, wie früher der Oeffnungsschlag: war er homodrom, so folgte 5″ langem Tetanus starke absolut und relativ positive, war er heterodrom, schwache, absolut positive, relativ negative Polarisation. Erstere Wirkung nahm bei öfterem Wechsel der Richtungen sehr schnell ab.

Nun ersetzte ich aber das Inductorium durch die schon öfter, zuletzt in der Abhandlung 'Ueber secundär-elektromotorische Erscheinungen u. s. w.' von mir erwähnte Saxton'sche Maschine, welche einst Oertling für Dove baute, aus dessen Nachlass ich sie für das physiologische Institut erwarb.[2] Die Drehscheibe wurde von der Maschine entfernt, und deren Achse durch einen Schnurlauf mit dem Wirtel eines Wassermotors verbunden, der den Anker siebenmal in der Secunde drehte. Der Pachytrop stand auf 'Physiologisch'. Mit den Federn 1 und 2 auf Walze I, 9 auf Walze II lieferte jede Umdrehung zwischen den Ständern *C* und *D*[3] zwei gleiche und entgegengesetzte Extraströme von unerträglicher Stärke bei subjectiver Prüfung mit Handhaben. Die Enden der Rollen der Maschine wurden anstatt der Enden des inducirten Kreises des Inductoriums mit der Wippe verbunden. Indem diese während des Ganges der Maschine ihren Hin- und Hergang vollzog, liess sich die polarisirende Wirkung einer Reihe wahrhaft congruenter Wechselströme auf das Organ studiren. Die etwaige Fernwirkung der Maschine auf die Bussole konnte bei der stetigen Rotation des Ankers durch das Spiel der Wippe nicht verändert werden, doch wurde noch besonders darauf geachtet, dass wirklich keine Aenderung stattfand.

Ich wendete folgweise die 1″- und die 5″-Scheibe der Polarisationswippe an, auch tetanisirte ich nach der Uhr 30, 45, 120″ lang. Der Erfolg war sehr einförmig. Gleichviel wie die Enden der rotirenden Rollen mit Rücken- und Bauchfläche der Praeparate verbunden wurden, und gleichviel wie lange der Tetanus dauerte, ich bekam nichts zu sehen als absolut positive Polarisation, an frischen Praeparaten von solcher Stärke, dass bei 5000 Windungen in 30^{mm} Abstand vom Magnetspiegel und bei $\varepsilon = n$ die Scale aus dem Gesichtsfelde verschwand, dann schwächer und schwächer, wie denn an manchen Praeparaten die Wirkung auch von vornherein sehr schwach war. Absolut negativ ward sie nie. Der einzige Unterschied, den längere Dauer des Tetanus mit sich zu bringen schien, betraf die Nachhaltigkeit der homodromen Polarisation. Je länger tetanisirt worden war, um so schneller verschwand sie.

---

[1] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. I. S. 233 ff.

[2] *Dies Archiv.* 1884. S. 17. 18.

[3] Vergl. die Abbildung in Poggendorff's *Annalen* u. s. w. 1842. Bd. LVI. Taf. II. Fig. 1.

Staunenswerth war es, wie die Organpraeparate die gewaltigen Schläge ertrugen, zu deren Abstufung denn auch keine Veranstaltung getroffen wurde; man merkte ihnen gleichsam an, dass sie vom Handwerk seien, gewohnt, selber solche Schläge zu ertheilen.

Es hält nicht schwer, die Ergebnisse beim Tetanisiren mit congruenten Wechselströmen zu verstehen. Zunächst ist klar, dass, sobald congruente Schläge sich in abwechselnder Richtung und in gleichen Zeitabständen folgen, das Umkehren der Verbindungen der Maschine mit dem Praeparat illusorisch ist, und in Wahrheit keinerlei Aenderungen hervorbringt. Bei beiden Anordnungen hat man es mit einer gleichbeschaffenen Reihe abwechselnd homodromer und heterodromer Ströme zu thun. Für das Praeparat ist es gleichgültig, ob die homodromen Ströme bei der Stellung des Ankers im Azimuth 90°, die heterodromen bei der im Azimuth 270° entstehen, oder umgekehrt. Nach unseren Voraussetzungen erzeugen die homodromen und die heterodromen Ströme gleich starke negative Polarisation, und diese Polarisationen, welche übrigens wegen der Kürze der Schläge wohl keine grosse Höhe erreichen, heben einander auf. Ausser der relativ negativen Polarisation erzeugen aber die homodromen Ströme absolut und relativ positive Polarisation, die heterodromen, wiederum nach unseren Voraussetzungen, keine oder nur spurweise relativ positive, absolut negative Polarisation, so dass die absolut positive Polarisation durch die homodromen Ströme fast oder ganz rein, unter günstigen Umständen mit grosser Kraft zum Vorschein kommt. Nur worauf das schnellere Sinken der homodromen Polarisation nach längerem Tetanisiren mit congruenten Wechselströmen beruht, bleibt im Dunkeln.

§. 4. Es wird versucht, die negative Polarisation durch die ausgesonderten Schliessungsschläge eines Inductoriums mit der durch die ausgesonderten Oeffnungsschläge zu vergleichen.

Um über die secundär-elektromotorischen Erscheinungen am elektrischen Organ bei ungleichem Verlauf der Wechselströme etwas sicherer urtheilen zu können, wäre es zweckmässig, zuerst noch die Frage zu beantworten, welche Ströme bei gleicher darin sich abgleichender Elektricitätsmenge stärker negativ polarisiren, die längeren schwächeren Schliessungs- oder die kürzeren stärkeren Oeffnungsschläge. Dies müsste sich dadurch entscheiden lassen, dass man ein Organpraeparat in heterodromer Richtung abwechselnd der ausgesonderten Reihe der Schliessungs- und der Oeffnungsschläge des Inductoriums aussetzte. Bei dieser Gelegenheit bemerkte ich, dass ich, bei meinen Versuchen über innere Polarisation feuchter poröser Leiter überhaupt, diesen scheinbar so einfachen und doch so lehrreichen Versuch anzustellen versäumt hatte, daher ich beschloss, jetzt zugleich diese

Lücke auszufüllen. Mit Hülfe von Dove's Disjunctor schien dies leicht ausführbar.

Dieser Apparat, der nach seinem Tode gleichfalls in den Besitz des physiologischen Institutes überging,[1] besteht aus drei Paaren kupferner Räder auf gemeinschaftlicher gläserner Achse, um welche sie durch Drehung gegeneinander verstellbar sind. Die beiden Räder jeden Paares sind mit einander leitend verbunden die drei Paare, welche *A*, *B*, *C* heissen mögen, durch die Achse von einander isolirt. Das eine Rad jeden Paares taucht mit verquicktem Rande stetig in eine Quecksilberrinne. Der Rand des anderen hat acht kupferne und acht gläserne Sectoren von gleicher Länge, und an seinem Umfange schleift eine kupferne Feder.

Man lässt das eine Paar, *A*, den primären Kreis schliessen und unterbrechen. Indem man eines der anderen Paare, etwa *B*, in den secundären Kreis schaltet und es um eine halbe Sectorbreite so gegen *A* verstellt, dass seine Feder auf Glas steht, wenn die von *A* auf Glas geräth, wird nur die Reihe der Schliessungsschläge durchgelassen. Verstellt man auch *C* gegen *A* um eine halbe Sectorbreite, jedoch so, dass seine Feder auf Glas steht, wenn die von *A* auf Metall geräth, so wird nur die Reihe der Oeffnungsschläge durchgelassen. Man kann aber dasselbe noch einfacher erreichen, indem man ausser dem Paare *A* nur ein zweites Paar, *B* oder *C*, anwendet, und das eine Mal die Räder in dem einen, das andere Mal in dem anderen Sinne sich drehen lässt.

In meinen Versuchen wurde die Drehung zunächst wieder durch den Wassermotor bewirkt, dessen Wirtel mit einer Schnurscheibe an der Disjunctor-Achse verbunden war. Der Wechsel im Sinne der Drehung wurde dadurch hervorgebracht, dass der Schnurlauf das eine Mal ungekreuzt, das andere Mal gekreuzt verlief. Die Entfernung des Disjunctors vom Wassermotor war so gross gewählt, dass durch die Kreuzung der Pese kein merklicher Unterschied ihrer Spannung entstand. Die Zahl der Schläge betrug 44 in der Secunde.

Die Aussonderung der einen und der anderen Reihe von Schlägen geschieht freilich nur mit der Sicherheit, mit welcher auf stetige Berührung schleifender Federn zu rechnen ist. Doch schien diese Stetigkeit in genügendem Maasse vorhanden zu sein. Denn als ich bei ausgeschlossenen Oeffnungsschlägen mich mit Handhaben in den Kreis der secundären Rolle schaltete, welche der primären bis auf ein oder zwei Centimeter genähert war, hatte ich eine ganz gleichmässige Empfindung, da doch, wenn die den

[1] Ich hatte schon früher einmal durch Dove's Güte zu ähnlichem Zweck mit demselben Apparat gearbeitet. *Untersuchungen über thierische Elektricität.* Bd. II. Abth. I. 1849. S. 405.

primären Kreis schliessende Feder gehüpft hätte, mir jede Oeffnung als heftiger Schlag bemerklich geworden wäre.

Mit diesen Mitteln hoffte ich nun, wie gesagt, leicht zu erfahren, wie die innere Polarisation feuchter poröser Körper, und die zunächst mit ihr vergleichbare negative Polarisation des elektrischen Organs, weiterhin vielleicht der Muskeln und Nerven, bei beständiger Elektricitätsmenge von der Abgleichungszeit abhängt. Die Polarisationswippe wurde in den secundären Kreis geschaltet, und die Reihe der Schläge 5″ lang dem Polarisationsobject durch die mit Thonschilden versehenen gewöhnlichen Zuleitungsgefässe zugeführt. Als Polarisationsobject sollten dienen balkenförmige Fliesspapierbäusche, Weissbuchenholz, Bimsstein, Dachziegel von den üblichen Dimensionen, d. h. 50 ^{mm} lang und von einem Quadratcentimeter Querschnitt. Das Fliesspapier war mit destillirtem Wasser getränkt, Holz, Bimsstein und Ziegel bis zum Untersinken darin gesotten.[1] In demselben, bezüglich der Induction secundären, der Polarisation primären Kreise befand sich wie gewöhnlich die Bussole (P) mit 53 Windungen in 20 ^{mm} Abstand vom Spiegel. Ein zweites Paar Zuleitungsgefässe mit Keilbäuschen, deren mit physiologischem Thon verwahrte Schneiden dem Polarisationsobject anlagen, stellte, gleichfalls in gewohnter Weise, die Enden der Bussole (S) vor.

Im ersten Anlauf schienen die Schliessungsschläge an negativ polarisirender Wirkung die Oeffnungsschläge zu übertreffen. Doch stellte sich alsbald heraus, dass darauf nichts zu geben war. Bei richtigem Gange der Versuche hätte nämlich an der Bussole (P) die Ablenkung durch die Schliessungsschläge der durch die Oeffnungsschläge merklich gleich sein müssen. Es zeigte sich aber, dass stets die Schliessungsschläge bei weitem stärkere Ablenkungen erzeugten. Da ich mich zuerst gewöhnlicher Schlitteninductorien bediente, an deren secundären Rollen keine besonderen Maassregeln zur Isolirung der Windungen von einander getroffen sind, fasste ich den Verdacht, dass sich im Inneren der Rollen ein Funkencanal gebildet habe, in welchem bei der Oeffnungsinduction die hochgespannte Elektricität übersprange, anstatt den Weg durch das Polarisationsobject und die Bussole (P) einzuschlagen. Um unter einfacheren Verhältnissen zu arbeiten, liess ich das Polarisationsobject und die damit in Verbindung stehenden Zuleitungsgefässe fort, und ersetzte sie durch eine oder zwei Widerstandsrollen aus einem Stöpselrheostat, welche einen Widerstand von beziehlich 60 und 120 S. E. darboten. An Stelle der gewöhnlichen Inductorien nahm ich ein Ruhmkorff'sches Inductorium von Siemens und Halske, und da dessen Schläge, auch mit nur zwei Bunsen'schen Chromsäure-Elementen im pri-

[1] Vergl. *Untersuchungen über thierische Elektricität.* Bd. II. Abth. II. S. 430 ff.

mären Kreise, den Bussolen Gefahr zu drohen schienen, zog ich die primäre Rolle aus der secundären zum Theil heraus, so dass ich die Wirkung abstufte, wie am Schlitteninductorium. Im Inneren der secundären Rolle sprangen an diesem Apparat sicher keine Funken mehr über; bei der Länge der Leitung, welche nothwendig war, damit die Fernwirkung des Inductoriums auf die Bussolen verschwänden, war es dagegen sehr schwer, allen Funken und Seitenentladungen ein Ende zu machen. Nachdem alle Leitungen aus dick mit Guttapercha überzogenem Draht hergestellt waren, schien dies in befriedigendem Maasse erreicht zu sein. Es zeigte sich aber auch hier, dass die Oeffnungsschläge an Bussole (P) viel schwächer ausfielen als die Schliessungsschläge, und zwar war der Unterschied um so grösser, je tiefer die primäre Rolle in die secundäre geschoben wurde; ja bei einer gewissen Stärke der Induction wurde sie Null, und darüber hinaus kehrte sie sich um, so dass die Oeffnungsschläge den Spiegel in derselben Richtung ablenkten, wie die Schliessungsschläge, nur viel schwächer und sehr unregelmässig.

Nun argwöhnte ich, dass in der Bussolrolle selber Funken übersprängen, obschon ich nicht verstand, wie dabei verkehrte Ablenkungen stattfinden konnten. Um indess ganz sicher zu gehen, ersetzte ich die gewöhnliche Thermorolle der Bussole durch eine solche, welche aus mit Guttapercha bekleidetem Drahte gewickelt war, aber der Erfolg blieb der nämliche: nach wie vor erzeugten die ausgesonderten Oeffnungsschläge eine verschwindend kleine Ablenkung im Vergleich zu der durch die Schliessungsschläge, und bei grösserer Stärke der Induction kehrte sich erstere Ablenkung um, d. h. die Oeffnungsschläge wirkten scheinbar im selben Sinne wie die Schliessungsschläge. Dass die Oeffnungsinduction dabei in voller Stärke vor sich ging, bewiesen die Funken in jeder irgendwo angebrachten Unterbrechung, und die Seitenentladungen, wenn einem entblössten Theile der Leitung Gelegenheit dazu geboten wurde.

Einzelne Schliessungs- und Oeffnungsschläge, bei stillstehendem Disjunctor mittels eines Schlüssels im primären Kreise erzeugt, bewirkten ganz regelmässige Ausschläge von gleicher Grösse zu beiden Seiten des Nullpunktes, und was das Merkwürdigste war, als statt des Disjunctors der Wagner'sche Hammer oder der Foucault'sche Quecksilber-Unterbrecher in den primären Kreis gebracht wurden, hielten sich die Schliessungs- und Oeffnungsschläge das Gleichgewicht so vollkommen, wie nur zu erwarten war.

Da man dabei den Spiegel im Takte der Unterbrechungen zittern sah, entstand die Vermuthung, dass das Verschwinden der durch die Oeffnungsschläge auf den Spiegel erzeugten Wirkung an die grössere Zahl der Unterbrechungen geknüpft sei, welche am Disjunctor bei seiner Drehung durch den Wassermotor geschahen. Ich liess deshalb einen Gehülfen den Dis-

junctor erst, langsam dann schneller und schneller mittels der daran befindlichen Schnurscheibe drehen, wobei sich herausstellte, dass in der That bei langsamem Drehen die Oeffnungsschläge noch regelmässig wirkten, bei schnellerem Drehen aber schwächer und schwächer, bis ihre Wirkung sich umkehrte. Wurde solche Einrichtung getroffen, dass beide Schläge durchgingen, so überwogen stets die Schliessungsschläge, um so stärker, je schneller gedreht wurde.

Jetzt war nur noch die Frage, ob die am Disjunctor bei grosser Umdrehungsgeschwindigkeit hervortretende Unregelmässigkeit dieser Vorrichtung eigen sei, oder bei rascherer Aufeinanderfolge von Schliessung und Oeffnung, als der Wagner'sche Hammer oder der Foucault'sche Unterbrecher sie gestatten, auch sonst sich zeigen würde. Ich brachte in den primären Kreis des Ruhmkorff'schen Inductoriums die Unterbrechungsfeder eines gewöhnlichen Schlittenapparates, welche nach einer älteren Bestimmung von Hrn. von Helmholtz 150—300 Mal in der Secunde den Kreis öffnet, und ferner eine auf Ut_2 abgestimmte Unterbrechungs-Stimmgabel von König in Paris, welche also 256 einfache Schwingungen in der Secunde vollzieht, oder 128 Mal den Kreis öffnet. Allein auch mit diesen Hülfsmitteln erhielt ich, so gut wie mit dem Wagner'schen Hammer und mit dem Foucault'schen Unterbrecher, regelmässige Wirkungen, obschon die Aufeinanderfolge der Schliessungs- und Oeffnungsschläge eine viel schnellere war, als am Disjunctor, der höchstens 45 Oeffnungsschläge in der Secunde lieferte (s. oben S. 64).

Damit war ausgemacht, dass in Folge eines unerklärlichen Umstandes der Disjunctor über eine gewisse, schwer zu bestimmende und innezuhaltende Geschwindigkeit hinaus nicht vermag, Reihen ansgesonderter Schliessungs- und Oeffnungsschläge zu liefern, in denen dieselbe Elektricitätsmenge sich abgleicht. Die nächste Aufgabe wäre, jenem Umstande weiter nachzuspüren und herauszubringen, was aus den grossen, in den Oeffnungsschlägen des Inductoriums unter hoher Spannung fortgetriebenen Elektricitätsmengen werde, welche hier spurlos zu verschwinden scheinen. Diese Ermittelung ist unentbehrlich, um für Theorie und Ausführung eines so wichtigen Apparates wie der Disjunctor die Grundlage zu gewinnen, weshalb ich auch glaubte, diese Versuchsreihe, trotz ihres unerfreulichen Ergebnisses, nicht vorenthalten zu sollen.[1]

---

[1] Als ich die Beschreibung meiner Versuche am Disjunctor für die *Sitzungsberichte* abschloss, war mir Hrn. Himstedt's Aufsatz über „Zwei verschiedene Formen eines selbstthätigen Disjunctors" in Wiedemann's *Annalen*, N. F., 1884. Bd. XXII. S. 276 ff. entgangen, deren zweite sich auf das sogenannte phonische Rad gründet (Vergl.: *Das phonische Rad* u. s. w. von Paul La Cour. Aus dem Französischen übersetzt von Joseph Kareis. Leipzig 1880). Ich zweifle nicht, dass mittels dieser

Man fragt vielleicht, warum ich nach unverrichteter Sache am Disjunctor nicht versuchte, die negative Polarisation durch einen einzigen Schliessungs- und Oeffnungsschlag zu vergleichen, wie sie nach Obigem und nach sonstigen Erfahrungen ja gut zu erhalten sind. Natürlich liegt dies nahe, und ich behalte mir vor auf diesen Plan zurückzukommen. Es wird aber gar nicht leicht zu bewerkstelligen sein, dass in beiden Fällen der Bussolkreis dieselbe Zeit nach dem polarisirenden Schlage geschlossen wird. Auch mit langsam gedrehtem Disjunctor müsste zuletzt das Ziel zu erreichen sein, freilich nicht ohne weitere Vorkehrungen, um die Zahl der das Polarisationsobject treffenden Schläge zu regeln, und ausserdem, wie im Fall der einzelnen Schläge, gleichmässige Schliessung des Bussolkreises nach dem letzten Schlage zu bewirken.

Dies Alles erfordert eine besondere Untersuchung, zu der mir augenblicklich die Musse fehlt. Was die Frage betrifft, wie die negative Polarisation im elektrischen Organe sich bei Schliessungs- und Oeffnungsschlägen gestalte, so müssen wir uns vorläufig mit der einfachsten Annahme begnügen, dass sie der Elektricitätsmenge proportional, also bei beiden Schlägen die nämliche sei.

§. 5. Fortgesetzte Erörterung der Ergebnisse über Polarisation des elektrischen Organs durch Wechselströme.

Unter der zuletzt ausgesprochenen Voraussetzung im Verein mit der unzweifelhaften Thatsache, dass bei homodromer Richtung kurze starke Stromstösse stärkere absolut und relativ positive Polarisation erzeugen, als längere schwächere Ströme, lässt sich auch der Erfolg beim Polarisiren des Organs durch Wechselströme von Inductorien leicht erklären. Dann heben sich nämlich auch hier, wie bei den congruenten Wechselströmen der Saxton'schen Maschine, die relativ negativen Polarisationen in beiden Richtungen auf; da die heterodromen Schläge keine oder nur verschwindende relativ positive Polarisation erzeugen, bleiben nur die homodromen absolut positiven Polarisationen übrig, und diese fallen stärker aus bei homodromen starken kurzen als bei ebenso gerichteten schwachen langen Schlägen.

Eine andere Frage ist es, wie viel diese Versuche zur Entscheidung beigetragen haben, ob die homodrome absolut positive Polarisation nur Nachwirkung eines Schlages, oder eine selbständige Erscheinung sei. So wie ich

---

Vorrichtungen bessere Ergebnisse sich erzielen liessen, als mit dem ursprünglichen Dove'schen Disjunctor; dass es damit gelänge, durch die Reihen der ausgesonderten Schliessungs- und Oeffnungsströme den Bussolspiegel gleich stark abzulenken, wie auch weiterhin die Frage zu entscheiden, ob schnelle und starke oder langsame und schwache Ströme innerlich stärker polarisiren. Immer bliebe das Räthsel bestehen, was am schnell kreisenden Dove'schen Disjunctor aus den Oeffnungsströmen werde.

es mir gedacht hatte, ist diese Entscheidung nicht herbeigeführt. Ich hatte übersehen, dass zwar die relativ negativen Polarisationen durch beide Ströme einander aufheben können, nicht aber, nach meiner eigenen Annahme, die relativ positiven, da, wenn es überhaupt dergleichen im Organ giebt, der heterodrome Strom sie nicht oder nur spurweise erzeugt. Es war also ein Fehlschluss, wenn ich darauf rechnete, dass das Tetanisiren an sich keine Polarisation hinterlassen würde, so dass eine dadurch erzeugte absolut positive Wirkung nunmehr ohne Weiteres als Nachwirkung von Schlägen aufzufassen sein würde. Wenn die beobachteten Erfolge für unsere Frage etwas bedeuten, sprechen sie eher im entgegengesetzten Sinne. Nach der Polarisationstheorie, um mich kurz so auszudrücken, lassen sich die Erscheinungen, wie man sah, unschwer deuten; bei der Nachwirkungstheorie weiss man nicht recht, woher bei heterodromer Richtung der stärkeren kürzeren Schläge die schwache absolut positive Polarisation rühre. Denn es ist schwer sich vorzustellen, dass, wenn einmal ein Schlag ausgelöst wird, er nicht unabhängig von der Stärke der Reizung sollte die Höhe erreichen, welche der Leistungsfähigkeit des Organes entspricht; und eben so wenig wahrscheinlich scheint es, dass die negative Polarisation durch kurze schnelle Schläge die durch lange schwache übertreffen solle. Nach Analogie der Polarisation metallischer Elektroden wäre eher das Gegentheil zu erwarten. Dies ist der Punkt, in welchem uns der im vorigen Paragraphen vergeblich erstrebte erfahrungsmässige Anhalt fehlt.

§. 6. Vergebliche Versuche, durch heterodrome Ströme relativ positive Polarisation des elektrischen Organs zu erzeugen.

Bei dem Erwägen dieser Verhältnisse fiel mir auf, dass ich einen Versuchsweg, wenn auch nicht unbetreten gelassen, doch noch nicht bis zur letzten Grenze verfolgt hatte, welcher möglicherweise hier zum Ziele führen könnte. Wir haben nämlich wohl als Erfahrungssatz hingestellt, dass in den Versuchen mit Säulenströmen am Zitterwels, Zitteraal und Zitterrochen noch nie relativ positive Polarisation durch den heterodromen Strom gesehen wurde, aber ausdrücklich auf deren Wahrnehmung gerichtete Versuche bisher nicht unternommen. Diese müssten sich vorsetzen, die Organpraeparate mit möglichst starken und zugleich flüchtigen heterodromen Schlägen zu treffen. Gelänge es, in dieser Art relativ positive, absolut negative Polarisation zu beobachten, so wäre an deren Dasein wohl nicht mehr zu zweifeln, da man nicht füglich Umkehr der Schlagrichtung des Organs annehmen wird.

Zunächst blieb ich noch bei kurz geschlossenen galvanischen Strömen. Ich hatte zwar schon früher (I. S. 143. 144, Reihe 19 und 20) vergeblich den Strom von fünfzig Grove kurze Zeit durch Organpraeparate gesandt; vielmehr

hatte sich bei homodromer Richtung öfter ein negativer Vorschlag blicken lassen, bei welchem es schwer war, sich etwas zu denken. Die Schliessungszeit betrug 0″·0629; ich wählte jetzt eine zwanzigmal kürzere.

4. Torp. — Frisch. — OS + 0·0078

SZ 0″·00315

L	↓	↑	↓
S	— 54; — 35	+ 45; + 15	— 14
P	13·5; 13	21; 20·5	15.

Der Misserfolg konnte nicht deutlicher sein. Jetzt setzte ich meine Hoffnung auf Inductionsschläge.

Die oben angewendete Saxton'sche Maschine bot gute Gelegenheit zu solchen Versuchen. Sie besitzt ein Paar an den angeführten Stellen beschriebener Y förmiger Federn, welche die Wechselströme der Maschine in gleichgerichtete verwandeln, so dass mit diesen Federn bei sieben Umdrehungen in der Secunde vierzehn Extraströme sich in derselben Richtung folgten. Während die Maschine im Gange war, wurde deren Kreis kürzere oder längere Zeit — 0″·031, 0″·098, 1″·024 — durch das Organpraeparat geschlossen. Bei nur 0″·031 Schliessungszeit hing es vom Zufall ab, ob gerade ein Extrastrom in diesen Zeitraum fiel, bei 0″·098 musste dies schon sicher der Fall sein, und es konnten zwei Ströme zur Wirkung gelangen. Die Versuche wurden in diesem Winter an dem fünften und sechsten Fisch angestellt, an jenem am zweiten Tage, an diesem in vergleichsweise frischem Zustande. Die Organpraeparate zeigten zwischen Bauch- und Rückenhaut meist verkehrten Organstrom; sie stammten von denselben Organen wie die Praeparate, deren eine Hälfte negativ, die andere positiv wirkte (s. oben S. 57. 58). Der Erfolg der Versuche war wenig befriedigend. Bei der ganz kurzen Schliessung blieb, wie zu erwarten, öfter jede Wirkung aus. Bei homodromer Richtung der Ströme zeigte sich schwache absolut und relativ positive, bei heterodromer meist sehr viel stärkere absolut positive, relativ negative Polarisation. Beispiel:

6. Torp. — Frisch. — OS verkehrt: — 0·0027. — 2′-Per.

SZ 0″·031 SZ 1″·024

↓ — 220 ↑ + 18 ↓ — 210 ↑ + 60 ‖ ↓ — 430 ↑ ?; + 10 ↓ — 295.

Der primäre Strom wurde nicht beobachtet.

Der Saxton'schen Maschine liess ich ein Schlitteninductorium grösserer Art folgen, in dessen primärem Kreise sich eine Säule aus zwei grossen Bunsen'schen Chromsäure-Elementen befand. Die Feder des Wagner'schen Hammers war entfernt; an seine Stelle trat der oben beschriebene Disjunctor, der so eingerichtet war, dass er nur die Oeffnungsschläge hindurchliess, deren aber 37 in der Secunde lieferte, von welche also die Wippe in 0″·031 einen oder zwei auffing. Soviel sich nach der Spannung im

secundären Kreis urtheilen liess, übertrafen die einzelnen Schläge bei weitem die der Saxton'schen Maschine. Der Erfolg war im Wesentlichen derselbe, es erschien keine relativ positive heterodrome Polarisation.

6. Torp. — Frisch. — OS + 0·0065.

SZ 0''·0031

↓ — 500 + x; — 370 ↑ + 155; + 355.

Im letzten Falle sind vermuthlich zwei Schläge durchgegangen. Von den oben in §. 4 beschriebenen Störungen beim Gebrauch des nur auf Oeffnungsschläge eingerichteten Disjunctors bemerkte ich bei diesen Versuchen, welche vor jenen angestellt wurden, noch nichts. Auf alle Fälle würden sie den hier erhaltenen verneinenden Erfolg nicht erklären.

Auch mit dieser Abweisung wollte ich mich nicht zufrieden geben, sondern ich beschloss, jetzt noch die Wirkung eines einzigen Oeffnungsschlages des ungeschwächten Ruhmkorff'schen Inductoriums zu prüfen. Die Polarisationswippe konnte dazu nicht dienen, vielmehr musste eine eigene Wippe gebaut werden, welche gestattete, unmittelbar nach Oeffnung des primären Kreises und des Hindurchganges des Schlages durch das Organpraeparat auch den secundären Kreis zu öffnen, welcher eine Nebenschliessung zum Bussolkreise dargestellt hätte, und letzteren zu schliessen. Wegen der Seitenentladungen, welche bei der gewöhnlichen Anordnung sich von den dem Praeparat anliegenden Keilbäuschen über die Zuleitungsgefässe und weiterhin verbreitet und möglicherweise störende Polarisationen hinterlassen hätten, wagte ich auch nicht, die Schliessung des Bussolkreises an zwei zwischen den Zuleitungsgefässen und der Bussole gelegenen Stellen des Bussolkreises vorzunehmen, sondern richtete es so ein, dass durch dieselbe Bewegung, welche erst den primären, dann den secundären Kreis öffnete, die Thonspitzen zweier mit der Bussole verbundenen unpolarisirbaren Leitungsröhren dem Praeparat zur Aufnahme des Polarisationsstromes angelegt wurden.

Auf eine in Holzlagern wagerecht drehbare gläserne Achse sind aufgesteckt vier Korke. Kork *I* trägt einen kupfernen Bügel, der bei der Ausgangsstellung der Wippe durch Eintauchen in zwei Quecksilbernäpfe den primären Kreis des Inductoriums schliesst, in welchem drei grosse Bunsen'sche Elemente thätig sind. Die Korke *II* und *III* tragen jeder eine unpolarisirbare Leitungsröhre, deren Thonspitze zunächst noch über dem Organpraeparate in der Luft schwebt. Kork *IV* trägt wieder einen kupfernen Haken, dessen eines Ende in einen Quecksilbernapf als eines Ende der secundären Rolle taucht, während sein anderes Ende mit dem anderen Ende der Rolle dauernd, aber beweglich verknüpft ist. Bei Drehung der gläsernen Achse aus der Ausgangsstellung öffnet sich der primäre Kreis,

während der secundäre noch geschlossen ist. Der Schlag durchfährt das Praeparat, welchem er durch verquickte Zinkplatten in Zinksulphatlösung, und durch mit Thonschilden verwahrte Zinkbäusche zugeführt wird. Unmittelbar darauf öffnet sich auch dieser Kreis, und wieder unmittelbar darauf treffen die Thonspitzen das Praeparat. An der ränderirten Holzscheibe, die zum Drehen der Achse dient, sind zwei Anschläge angebracht, deren einer die Ausgangsstellung, der andere die Stellung der Wippe bestimmt, bei welcher die Thonspitzen gerade das Praeparat berühren.

Natürlich überzeugte ich mich vorher an einem Thonphantom an Stelle des Praeparates, dass der Durchgang des Schlages keine merkliche Wirkung auf die Bussole übte; nur eine Spur negativer Polarisation im Thone gab sich zu erkennen. Sodann compensirte ich den beim Anlegen der Spitzen an das wirkliche Praeparat etwa hervortretenden Organstrom, so dass beim Wiederanlegen der Spitzen, nachdem sie abgehoben gewesen waren, keine in Betracht kommende Ablenkung erfolgte. Die Funken im primären Kreise wurden durch den Fizeau'schen Condensator vermindert. Die Leitung von der secundären Rolle aus war wieder durchweg mit Guttapercha-Drähten hergestellt. An der Bussole (S) befanden sich 5000 Windungen auf Null.

Trotz den Gefahren, welche so gewaltige Elektricitätsbewegungen in der Nähe einer empfindlichen Bussole mit sich brachten, ging der Versuch ohne jede Störung vor sich. Er wurde zuerst an der seit dem October im Aquarium gehaltenen Torpedo angestellt. Sie schlug nur auf heftige Reizung. Die Praeparate zeigten aber noch angemessenen Organstrom. Der Erfolg des Versuches war abermals verneinend. Es gelang nicht, durch den heterodromen Oeffnungsschlag des Inductoriums relativ positive Polarisation zu erhalten, sondern die beobachtete Polarisation war relativ negativ, absolut positiv. Da aber auch der homodrome Schlag meist relativ negative, nur schwächere Polarisation gab, so war es klar, dass die Leistungsfähigkeit des Organs für den Zweck nicht genügte, und dass der Versuch an einem frischen Fisch wiederholt werden musste.

Dies geschah denn auch vor Kurzem an der erst in diesem Frühjahr angelangten achten Torpedo, welche sich in verhältnissmässig gutem Zustande befand. Allein der Erfolg blieb im Wesentlichen derselbe. Der homodrome Schlag erzeugte jetzt absolut und relativ positive Polarisation weit über die Grenzen der Scale hinaus, und der heterodrome gleichfalls über deren Grenzen hinausreichende absolut positive, relativ negative Polarisation; auch hinterblieben sehr allmählich schwindende Wirkungen in demselben Sinne. In dem Maasse, wie bei öfterer Wiederholung des Versuches die Leistungsfähigkeit sank, verminderte sich die Heftigkeit der Erscheinungen, und es kam zum gewohnten Bilde absolut und relativ positiver Ausschläge durch die homodromen, relativ negativer, absolut positiver Ausschläge durch

die heterodromen Inductionsströme. Beispielsweise erhielt ich mit 5000 Windungen in 20 mm Abstand:

$$\downarrow -85 \uparrow +360 \downarrow -57 \uparrow +135.$$

Aber nie erzeugten die heterodromen Schläge relativ positive Polarisation.

Es war immer noch die Möglichkeit da, dass letztere, obschon vorhanden, durch relativ negative Polarisation verdeckt werde. Obschon die Oeffnungsschläge des Inductoriums, bei Anwendung des Condensators, nur von sehr kurzer Dauer sind, wollte ich doch, um Nichts unversucht gelassen zu haben, auch noch Entladungsschläge der Leidener Flasche anwenden. Dazu diente dieselbe Wippe, wie für die Ruhmkorff'schen Oeffnungsschläge. In einer ersten Versuchsreihe, an derselben siebenten Torpedo, die so lange aufbewahrt worden war, entlud Prof. Christiani die an der Holz'schen Maschine geladene Flasche durch das Praeparat, und ich brachte die Thonspitzen in Berührung damit sobald ich den Funken gehört hatte. Die Praeparate waren vielleicht zufällig besser als die den Inductionsschlägen ausgesetzt gewesenen; beispielsweise erhielten wir:

$$\downarrow -448 \uparrow +55 \downarrow -11 \uparrow +48.$$

Doch war es klar, dass die Versuche an einem leistungsfähigeren Thiere wiederholt werden mussten.

Natürlich geschah dies an der jüngst geopferten achten Torpedo zusammen mit dem erneuten Versuche am Inductorium. Diesmal war folgende Vorkehrung getroffen. Ein fünfter Kork am freien Ende der gläsernen Achse der Wippe trug einen rechtwinklig gebogenen starken Messingdraht, dessen einer Schenkel eine Verlängerung der Achse darstellte, und mit der einen verquickten Zinkplatte leitend und beweglich verbunden war, welche dem Organpraeparat den Schlag zuführen sollte. Der andere zur Achse senkrechte Schenkel endete in einen geschlossenen Ring. Die geladene Flasche wurde so gelagert, dass ihre äussere Belegung mit der anderen Zinkplatte leitend verbunden war. Durch Drehung der Achse zwischen den Anschlägen an der ränderirten Scheibe kam der Ring dem Knopfe der inneren Belegung so nahe, dass der Funke übersprang, und der Schlag das Praeparat durchfuhr, kurze Zeit ehe die Thonspitzen es erreichten. In dieser Reihe wurde die Leidener Flasche (von 565 □cm Belegung) am Conductor einer gewöhnlichen Elektrisirmaschine geladen, was durch Regeln der Zahl der Umdrehungen der Scheibe eine grössere Gleichmässigkeit, und eine mehr sichere Abstufung der Ladung gewährte, als das Laden mit der Influenzmaschine.

Die Versuche gelangen ganz vorzüglich, ohne jedoch das gesuchte Ergebniss zu liefern. Zuerst lud ich die Flasche so stark wie möglich, mit fünfzig Umdrehungen der Scheibe, und die durch die Entladung er-

zeugten Polarisationen — absolut und relativ positiv durch den homodromen, absolut positiv und relativ negativ durch den heterodromen Schlag — erreichten eine unbeschreibliche Heftigkeit: es dauerte viele Minuten, bis das Ende der Scale wieder im Gesichtsfeld erschien. Ich ging dann aber allmählich bis auf fünf, ja zwei Umdrehungen, oder auch nur eine herunter, und immer noch erfolgten, durch die jetzt vergleichsweise nur schwachen Schläge, die Polarisationen mit grosser Stärke und vollkommener Regelmässigkeit. Beispielsweise erhielt ich mit fünf Umdrehungen:

$$\uparrow +270 \downarrow -470 \uparrow +125 \downarrow -250.$$

Von heterodromer positiver Polarisation war nichts zu sehen.

Ich brauche nicht zu sagen, dass alle Maassregeln getroffen waren, um unmittelbare Wirkungen der Flaschenschläge auf die Bussole auszuschliessen, und dass ein Thonphantom an Stelle des Praeparates höchstens eine verschwindende Spur negativer Polarisation zeigte.

Weiter bin ich hier nicht gegangen, und glaube auch nicht, dass auf diesem Wege noch ein anderes Ergebniss zu erreichen sei. Wir werden aber unten (§. 15) einen, leider bisher nur einmal geglückten Versuch kennen lernen, in welchem der heterodrome Strom doch wirklich relativ positive, absolut negative Polarisation geliefert hat.

§. 7. Die scheinbare Irreciprocität der Leitung im elektrischen Organ wächst mit der Stromdichte.

In der ersten Mittheilung schloss ich die Erörterung über die Natur der homodromen, absolut und relativ positiven Polarisation mit den Worten: „Noch eine Versuchsweise liegt sehr nahe, welche unter gewissen Bedingungen hier zum Ziele führen könnte: man braucht nur zu beobachten, ob auch bei längerer Schliessungszeit der homodrome Strom seine Ueberlegenheit bewahrt. Ist dies der Fall, so kann die positive Polarisation nicht einerlei mit dem Schlage sein, denn dieser kann bei längerem Hindurchgang eines beständigen Stromes durch das Organ doch nur im Augenblick der Schliessung“ — vielleicht auch der Oeffnung — „sich zum Säulenstrom hinzufügen. Ich habe nun in der That auch bei 1″, 5″, ja 20″ Schliessungszeit jene Ueberlegenheit noch gesehen (Reihe 8, 15, 16, 25); allein die Versuche dieser Art werden erst dann beweiskräftig, wenn die Hypothese von einem irreciproken Widerstande des Organes völlig beseitigt ist“ (I. S. 133).

Dass man auch bei noch viel längerer Schliessung den homodromen Strom überwiegen sieht, ist ausser Frage. Der Erfolg wird dadurch getrübt, dass einerseits das Praeparat durch Erwärmung besser leitend wird, andererseits die negative Polarisation den Strom schwächt; doch erhält man auch

bei minutenlangem Schliessen der Ströme mit der Hand Reihen, in welchen die Ueberlegenheit des homodromen Stromes durch alle Hindernisse hindurch, wenn gleich nur schwach, immer noch deutlich sich ausspricht. Solche Reihen werden später mitgetheilt werden (s. unten §. 12). In diesem Sinne sprechen auch Dr. Sachs' Beobachtungen am Zitteraal-Organ.[1]

So lagert sich uns die Frage, ob das Organ wirklich oder nur scheinbar irreciprok leite, hier quer in den Weg, und wir müssen vor allen Dingen suchen, über diesen Punkt in's Klare zu kommen.

Das Erste, was sich darbietet, ist die sehr auffällige Abhängigkeit der Erscheinung von der Stromdichte, wie sie beispielsweise in folgendem Versuche sich zeigt.

Ich sandte die Oeffnungsschläge des Schlitteninductoriums, dessen primäre Rolle mit Stäben gefüllt war, von Hautfläche zu Hautfläche durch das Praeparat, welches in gewohnter Art auf der dreieckigen Platte zwischen den Thonschilden der Zuleitungsgefässe ruhte. In demselben Kreise befand sich die Bussole. Die Schläge, durch Oeffnen des Quecksilberschlüssels erzeugt, trafen, durch eine Pohl'sche Wippe umgekehrt, das Praeparat abwechselnd in homodromer und heterodromer Richtung. RA in folgender Tabelle ist der Abstand der secundären von der primären Rolle; die Zahlen sind die Ausschläge an der Bussole, deren Gewinde bei der sehr verschiedenen Stärke der Schläge in verschiedene Entfernung vom Spiegel gebracht werden musste, reducirt auf 5000 Windungen in 20 mm Abstand.

5. Torp. — Frisch. — OS + 0·0031.

RA = 0	↑ 501	↓ 215	↑ 501	↓ 215	↑ 453	↓ 215	↑ 477	↓ 191
RA = 10 cm		↓ 25	↑ 28	↓ 27	↑ 28	↓ 27	↑ 27	
RA = 15 cm			↑ 7	↓ 7	↑ 7	↓ 7		
RA = 0			↑ 453	↓ 227.				

Im Mittel der gleichbedeutenden Zahlen verhalten sich die heterodromen zu den homodromen Ablenkungen

für RA = 0 : : 212·3 : 477·0 : : 100 : 224·7
„ „ = 10 cm : : 26·33 : 27·66 : : 100 : 105·1
„ „ = 15 cm : : 7 : 7 : : 100 : 100·0.

Es kann danach kein Zweifel sein, dass erstens die Erscheinung für die angewendeten Mittel erst bemerkbar wird, wenn die Stromstärke eine gewisse Schwelle überschreitet, und dass zweitens die Irreciprocität mit der Stromstärke wächst. Indem man den Versuch mit Praeparaten von verschiedenem Querschnitt anstellt, überzeugt man sich drittens, dass es sich

[1] *Untersuchungen* u. s. w. S. 218; — I. S. 129.

dabei nicht um die Stromstärke, sondern, wie zu erwarten, um die Stromdichte handelt. Viertens geht aus den obigen Zahlen auch schon hervor, dass innerhalb des davon umfassten Bereiches die Irreciprocität langsamer wächst als die Stromdichte. Nimmt man, was später gerechtfertigt werden wird (s. unten §. 13), als Maass der Irreciprocität den Unterschied der homodromen und der heterodromen Stromstärke bei gleichem Querschnitt, dividirt durch die homodrome Stromstärke, so findet man die Irreciprocität

$$\text{bei } 10^{\text{cm}} \text{ RA}, = \frac{1\cdot33}{27\cdot66} = 0\cdot0481,$$

$$\text{„} \quad 0^{\text{cm}} \quad \text{„} \quad = \frac{264\cdot7}{477\cdot0} = 0\cdot5549,$$

statt $= 0\cdot8293$, wie es sein müsste, wenn die Irreciprocität der Stromdichte proportional wäre. Es ist wohl kaum zu bezweifeln, dass die Irreciprocität bezogen auf die Stromdichte sich asymptotisch einer festen Grenze nähern werde.

§. 8. Die scheinbare Irreciprocität der Leitung im elektrischen Organ hat ihren Sitz in jeder Querscheibe des Praeparates und wächst mit der Länge der durchströmten Säulenstrecke.

Demnächst überzeugte ich mich, dass der Unterschied in der Stärke der Ströme nicht bloss sichtbar wird, wenn man sie von der einen mit Haut überzogenen Polfläche der Praeparate zur anderen führt, sondern auch zwischen beliebigen Punkten der Seitenflächen der Praeparate, und zwar um so stärker, je weiter von einander entfernt die Punkte liegen.

Wieder leitete ich die durch Oeffnen des Quecksilberschlüssels erzeugten Oeffnungsschläge des Schlitteninductoriums durch Praeparat und Bussole, doch wurde, dem Zweck des Versuches gemäss, das Praeparat diesmal nicht von Hautfläche zu Hautfläche durchströmt, sondern an der Seitenfläche mit den Thonspitzen der unpolarisirbaren Röhren zuleitend berührt, welche statt der Zuleitungsgefässe sich mit der Bussole im Kreise der secundären Rolle des Inductoriums befanden. Diese war ganz über die mit Stäben gefüllte primäre Rolle geschoben; an der Bussole befanden sich 5000 Windungen in 100^{mm} Abstand vom Spiegel.

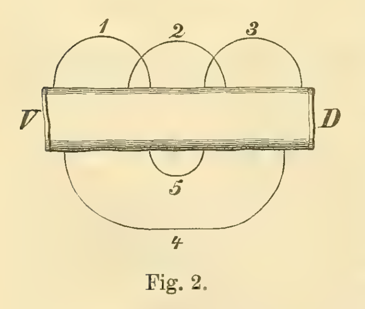


Fig. 2.

In Fig. 2 bedeuten die Bögen den durch secundäre und Bussolrolle gebildeten Kreis. Das Praeparat stammte von dem Tages zuvor getödteten fünften Fisch; die Organstromkraft betrug anfangs $+ 0\cdot0072$.

Bei der Lage (1) der Thonspitzen erhielt ich

$$\uparrow 42 \downarrow 12 \uparrow 42 \downarrow 15^{sc};$$

bei der (2)

$$\uparrow 38 \downarrow 19 \uparrow 38 \downarrow 20^{sc};$$

endlich bei der (3)

$$\uparrow 40 \downarrow 22 \uparrow 40 \downarrow 22^{sc}.$$

Danach kann kein Zweifel sein, dass die irreciproke Leitung, was auch ihre Ursache sei, nichts mit der Haut zu thun habe, wie übrigens schon daraus folgte, dass ich sie zuerst an den Zitterwelspraeparaten beobachtet hatte, wo die Haut nur Nebenschliessung bildete.

Man könnte aber noch meinen, dass ihr Sitz oberflächlich sei, dass sie auf einem nach Art des äusseren secundären Widerstandes nur an den Berührungsstellen der Thonspitzen mit den Seitenflächen des Praeparates sich entwickelnden Widerstande beruhe. Von vorn herein ist dies sehr unwahrscheinlich, da sie sichtlich mit der Stromdichte, nicht der Stromstärke, wächst; da sie schon bei so flüchtigen Schlägen bemerkt wird, wie die Oeffnungsschläge der Inductorien; da die Dazwischenkunft der Haut an ihrer Erscheinungsweise nichts ändert; endlich da, wenn eine der Spitzen, die positive oder die negative, Sitz eines besonderen Widerstandes wäre, dies ebenso gut bei homodromem, wie bei heterodromem Strome der Fall sein müsste.

Jene Vorstellung wäre aber vollends unmöglich, wenn es sich zeigte, dass die Irreciprocität mit der Länge der durchströmten Säulenstrecke wächst. Dies ist nun in der That der Fall.

Die lange Organstrecke (4) gab nämlich

$$\uparrow 32 \downarrow 12 \uparrow 32 \downarrow 13^{sc},$$

die kurze (5)

$$\uparrow 37 \downarrow 29 \uparrow 37 \downarrow 29^{sc}.$$

Nimmt man dazu die Zahlen der mittellangen Strecken (1, 2, 3), so findet man im Mittel aller zusammengehörigen Zahlen das Verhältniss des homodromen zum heterodromen Strom in der langen Strecke wie

$$100:39\cdot 1,$$

in der mittellangen wie

$$100:45\cdot 8,$$

in der kurzen wie

$$100:78\cdot 4,$$

also um so grösser, je länger die durchflossene Strecke. Die folgenden Zahlen, welche eines der auffallendsten Beispiele von Irreciprocität bieten,

wurden am zweiten Tage an der siebenten Torpedo, bei kleinerem (nicht verzeichnetem) Abstand der Bussolrolle erhalten:

Lange Strecke.

↑ 217 ↓ 28 ↑ 160 ↓ 30

Kurze Strecke.

↑ 176 ↓ 155 ↑ 176 ↓ 155

Lange Strecke.

↑ 165 ↓ 14 ↑ 165 ↓ 22.

Das Verhältniss der Stromstärken mit der langen Strecke ist wie

$$100:13\cdot 3,$$

mit der kurzen wie

$$100:88\cdot 1.$$

Man könnte einwenden, dass die grössere Irreciprocität bei grösserer Länge nur dadurch vorgetäuscht werde, dass alsdann das Praeparat einen grösseren Theil des Gesammtwiderstandes des Kreises ausmache. Der geringe Unterschied zwischen der homodromen Stromstärke bei langer und bei kurzer Strecke zeigt zwar schon, dass der Widerstand der Praeparate, unstreitig wegen desjenigen der Thonspitzen, keineswegs einen grossen Theil des Gesammtwiderstandes bildete. Doch wäre es zweckmässig, einen so wichtigen Punkt, wie das Wachsthum der Irreciprocität mit der Länge der durchflossenen Strecke, gegen jeden Zweifel zu sichern.

Die Vorstellung, dass die Irreciprocität der Leitung durch den Gesammtwiderstand des Kreises beeinflusst werde, setzt voraus, dass sie ausgedrückt werden könne durch einen additiven Term im Nenner der die heterodrome Stromstärke vorstellenden Ohm'schen Formel. Dieser Term heisse der Irreciprocitäts-Term. Nach unseren Zahlen scheint er mit der Länge der durchflossenen Strecke zu wachsen. Ist der hiergegen erhobene Einwand begründet, so müssen die Erscheinungen mathematisch darstellbar sein, auch wenn der Term von der Länge der durchflossenen Strecke unabhängig gesetzt wird.

Zunächst entsteht hier die Frage, wie die Abhängigkeit der Irreciprocität von der Stromdichte aufzufassen sei. Sicher lässt sich diese Frage nicht beantworten. Doch scheint das Richtigste, die Irreciprocität mit der homodromen Stromdichte wachsen zu lassen, und zwar erlaubt uns der schon hervorgehobene geringe Unterschied der homodromen Stromstärken bei langer und bei kurzer Strecke den Irreciprocitäts-Term dieser Stromstärke ohne grossen Fehler einfach proportional zu setzen, anstatt ihn, dem Ergebniss des vorigen Paragraphen gemäss, langsamer als sie wachsen zu lassen. Alsdann können wir folgendermaassen weiter verfahren. An Stelle

des Inductionsschlages denken wir uns ein ihm gleichwerthiges Stück von der kleinen Dauer t aus einem beständigen Strom ausgeschnitten, dem die elektromotorische Kraft E zu Grunde liegt. Es seien sodann:

R der Widerstand des die secundäre Rolle des Inductoriums und die Bussole enthaltenden Kreises von Thonspitze zu Thonspitze;

σ der specifische Widerstand des der Länge nach durchströmten Organs, abgesehen vom irreciproken Widerstande, oder bei homodromem Strom;

l die Länge der langen,

k die der kurzen Organstrecke;

q der Querschnitt des Praeparates;[1]

I_l, I_k die homodrome,

$I_{,l}$, $I_{,k}$ die heterodrome Stromstärke, beziehlich bei langer und bei kurzer Strecke;

$\sigma l/q$, $\sigma k/q$ die Widerstände beziehlich der langen und der kurzen Strecke bei homodromem Strome; endlich

$I_l c/q$, $I_k c/q$, wo c eine Constante, die Irreciprocitäts-Terme beziehlich für die lange und die kurze Strecke.

Dann haben wir

$$I_l = \frac{Et}{R + \frac{l\sigma}{q}}, \qquad I_k = \frac{Et}{R + \frac{k\sigma}{q}},$$

$$I_{,l} = \frac{Et}{R + \frac{l\sigma}{q} + \frac{I_l c}{q}}, \qquad I_{,k} = \frac{Et}{R + \frac{k\sigma}{q} + \frac{I_k c}{q}} \quad \ldots\ (a)$$

Hier ist der irreciproke Widerstand von den Dimensionen der durchflossenen Strecke nur insofern abhängig gemacht, als die homodrome Stromdichte, welcher der Irreciprocitäts-Term proportional gesetzt ist, von jenen Dimensionen abhängt. Nach unseren Beobachtungen muss nun, abgesehen vom verschiedenen Zeichen von I und $I_,$,

$$\frac{I_l}{I_{,l}} > \frac{I_k}{I_{,k}},$$

[1] In der ersten Mittheilung (S. 126. 127) setzten wir bei ähnlichen Betrachtungen den Querschnitt = 1. Es würde die Ausdrücke vereinfachen und am Ergebnisse nichts ändern, wenn wir auch hier so verführen, doch bleiben die Formeln durchsichtiger, wenn der Querschnitt an gehöriger Stelle erscheint. Uebrigens vernachlässigen wir den Umstand, dass in unseren Versuchen der Strom nicht von Querschnitt zu Querschnitt, sondern von einer seitlich angelegten Thonspitze zur anderen das Praeparat durchdrang.

d. h. es muss

$$\frac{R + \frac{l\sigma}{q} + \frac{I_l c}{q}}{R + \frac{l\sigma}{q}} > \frac{R + \frac{k\sigma}{q} + \frac{I_k c}{q}}{R + \frac{k\sigma}{q}}$$

oder

$$(qR + k\sigma)\, I_l > (qR + l\sigma)\, I_k \; .\;.\;.\;. \; (b)$$

sein. Dies ist unmöglich, da für $R = 0$ oder mittlere Werthe von R die linke Seite Factor für Factor die kleinere ist, und da, wenn man alle Widerstände gegen R verschwinden lässt, höchstens Gleichheit beider Seiten erreicht wird. Man kommt folglich nicht aus mit einem von der Länge der durchflossenen Strecke unabhängigen Irreciprocitäts-Term.

Setzt man dagegen in (a) statt $(l\sigma + I_l c)/q$, $(k\sigma + I_k c)/q$ beziehlich $\left(\sigma + \frac{I_l c}{q}\right) l/q$, $\left(\sigma + \frac{I_k c}{q}\right) k/q$, d. h. behandelt man den irreciproken Widerstand wie einen der Stromdichte proportionalen Zuwachs des specifischen Widerstandes bei homodromem Strome, so erhält man statt (b) die Ungleichheit

$$(qR + k\sigma)\, l\, I_l > (qR + l\sigma)\, k\, I_k \; .\;.\;.\;. \; (c).$$

Diese ist für $R = 0$ freilich auch noch unmöglich, da sie dann auf $I_l > I_k$ sich reducirt. Für ein grosses R aber, wie das, mit welchem wir es zu thun haben, nähert sie sich der wirklich bestehenden Ungleichheit $l > k$; und damit kann für bewiesen gelten, dass die Irreprocität, alles Uebrige gleichgesetzt, mit der Länge der durchflossenen Organstrecke wächst.

§. 9. Durch Einführung eines additionellen Widerstandes lässt sich die Frage, ob der Anschein irreciproker Leitung im Organ auf Polarisation oder Leitung beruhe, nicht entscheiden.

Wir gingen im Vorigen von der Voraussetzung aus, dass die irreciproke Leitung im Organ ausdrückbar sei durch einen additiven Term im Nenner der Ohm'schen Formel für die heterodrome Stromstärke. Dies Verfahren wird sich künftig rechtfertigen lassen, wie es sich auch soeben als für unseren Zweck tauglich erwies; für jetzt dürfen wir nicht vergessen, dass wir noch immer vor der Frage stehen, ob die irreciproke Leitung auf ungleichem Widerstand in beiden Richtungen, oder auf Polarisation beruhe. Als der sicherste Weg, diese Frage zu beantworten, erscheint beim ersten Blick der schon in der früheren Mittheilung (S. 124. 125) erwähnte Versuchsplan, im primären Kreise einen so grossen Widerstand neben dem des Organpraeparates einzuführen, dass letzterer dagegen verschwände. Wenn

dann auch der Unterschied der beiden Ströme verschwände, während der der Polarisation bestehen bliebe, wäre der Ursprung des Unterschiedes aus verschiedenem Widerstande erwiesen. In einem Versuche der Art, den ich mit einem langen und engen Rohre voll physiologischer Steinsalzlösung als additionellem Widerstand anstellte, verschwand in der That der Unterschied der Stromstärken in beiden Richtungen; da aber wegen gesunkener Leistungsfähigkeit auch der der Polarisationsströme fehlte, konnte daraus kein sicherer Schluss gezogen werden. In den Versuchen des vorigen Paragraphen blieb die scheinbare Irreciprocität der Leitung bestehen, obschon der Widerstand des Praeparates gegen den des übrigen Kreises nur klein war. Indessen verschwand er doch nicht, und die Polarisation wurde nicht beobachtet, so dass man aus jenen Beobachtungen nicht etwa schliessen darf, dass die Irreciprocität auf Polarisation beruhe.

Ich habe jetzt mehrere Versuche nach dem in Rede stehenden Plane mit scheinbar gutem Erfolge durchgeführt. Da Hydrowiderstände sich schlecht abstufen und schätzen lassen, ersetzte ich das Rohr mit Steinsalzlösung durch zwei Stöpselrheostaten von Siemens und Halske, deren jeder einen Widerstand von 10 000 S. E. besitzt, und deren Rollen inductionsfrei gewickelt sind, was möglicherweise hier nicht ohne Bedeutung war. Durch Schliessen und Oeffnen eines zu den Rheostaten als Nebenschliessung angebrachten Vorreiberschlüssels wurde deren Widerstand nach Belieben ausgeschlossen oder eingeschaltet. Ich leitete die Versuche so, dass ich durch das Praeparat abwechselnd den Strom von wenigen Grove ohne den grossen additionellen Widerstand, und den von vielen Grove mit diesem Widerstand sandte, jedesmal wiederum abwechselnd in homodromer und heterodromer Richtung, wobei die Zahl der Grove und der additionelle Widerstand so gewählt wurden, dass der Strom ohne Widerstand den mit Widerstand nicht zu sehr übertraf. So entstanden Reihen wie folgende, in welchen die Notation jetzt keiner Erläuterung mehr bedarf. An der Bussole (P) befanden sich 50, an der (S) 5000 Windungen auf Null.

I.

2. Torp. — Frisch. — L 19 mm. — OS + 0·0128. — 1′-Per.

SZ 0″·0764

		↓	↑	↓	↑		↑	↓	↑	↓
X	S	— 410	+ 155	— 210	+ 20	XXX	+ 59	— 32	+ 29	— 10
	P	114	143	115	141		75	74	78	77·5

Ohne additionellen Widerstand. Mit Widerstand.

	↓	↑	↓	↑
X	— 63	+ 9	— 51	+ 8
	118	146	118	149.

Ohne Widerstand.

II.

Neues Praeparat. — OS + 0·0224. — 1′-Per.

Dieselbe Schliessungszeit.

		↑	↓	↑	↓		↑	↓	↑	↓
X	S	+ 100	— 92	+ 141	— 31	XXX	+ 80	— 55	+ 52	— 37
	P	187	146	184	148		82	80	82	81·5
		Ohne Widerstand.					Mit Widerstand.			

	↑	↓	↑	↓
X	+ 57	— 57	—	— 34
	184	156	188	157·5.
	Ohne Widerstand.			

III.

7. Torp. — Zweiter Tag. — OS verkehrt: — 0·0031. — 1′-Per.

Dieselbe Schliessungszeit.

		↑	↓	↑	↓		↑	↓	↑	↓
X	S	+ 88	— 35	+ 70	— 65	XL	+ 39	— 63	+ 15	— 77
	P	134	189	119	94		92	88	90·5	89·5
		Ohne Widerstand.					Mit Widerstand.			

	↑	↓	↑	↓
X	+ 26	— 42	{ — Spur + 7	— 38
	105	95·5	104·5	94·5.
	Ohne Widerstand.			

Diese Reihen erfüllen hinlänglich nahe die gestellte Bedingung. Trotz der reichlich fortbestehenden Polarisation, welche dem homodromen Strom zu gute kommt, dem heterodromen entgegentritt, verwischt der additionelle Widerstand fast vollständig den Unterschied der beiden Ströme. Danach scheint es bewiesen, dass die irreciproke Leitung auf Widerstand beruht. Leider zeigt nähere Betrachtung, dass auch diesmal die Anschauung nicht ausreichte, und dass abermals der Versuchsplan nicht vermag, zwischen Polarisation und Widerstand zu entscheiden.

Wir nennen, wie zum Theil schon früher,

I die Stärke des homodromen,

$I_{\prime}$ des heterodromen Stromes;

P die Constante, welche mit der Stromdichte multiplicirt, für die Einheit der Länge der durchflossenen Strecke, die elektromotorische Kraft der homodromen absolut und relativ positiven Polarisation misst;

Π die entsprechende Constante für die durch beide Ströme bewirkte relativ negative Polarisation;

R den Widerstand des die Säule und die Bussole enthaltenden Kreises, ausschliesslich des Widerstandes der Säule selber;
n die kleine,
N die grosse Zahl von Grove'schen Elementen;
G die elektromotorische Kraft,
r den Widerstand des einzelnen Elementes;
W den additionellen Widerstand;
σ den specifischen Widerstand des Organs beim Durchströmen der Länge nach in beiden Richtungen;
l die Länge der durchflossenen Strecke, d. h. hier, wenn wir den Widerstand der Haut mit zu R rechnen, des Praeparates selber; endlich
q dessen Querschnitt.

Dann haben wir, bei kleiner Zahl der Grove und ohne additionellen Widerstand

$$I = \frac{nG - l \cdot \frac{I}{q}(\Pi - P)}{nr + R + \frac{l\sigma}{q}} \quad \ldots \; (d)$$

$$I_{,} = \frac{nG - l \cdot \frac{I_{,}}{q}\Pi}{nr + R + \frac{ls}{q}} \quad \ldots \; (e)$$

Wie schon in der ersten Mittheilung, S. 126—128, sind hier beide Polarisationen der Stromdichte proportional gesetzt. Selbstverständlich sind sie auch der Länge des Praeparates proportional.

Mit der Aufstellung obiger Formeln ist nun die Frage, ob auf diesem Wege zwischen den beiden Möglichkeiten entschieden werden könne, schon verneint. Denn G. S. Ohm selber hat vor mehr als fünfzig Jahren, als es sich um die ähnliche Frage nach dem Dasein eines Uebergangswiderstandes neben der Polarisation der Elektroden handelte, darauf aufmerksam gemacht, dass in Ausdrücken wie (d) und (e) die Polarisation nur scheinbar anders eingehe als die Widerstände, dass sie also auch zu einem additionellen Widerstand in dieselbe Beziehng trete wie die constanten Widerstände, und von diesen durch Einführung eines additionellen Widerstandes nicht unterschieden werden könne.

In der That man findet

$$I = \frac{nG}{nr + R + \frac{l}{q}(\sigma + \Pi - P)}, \quad I_{,} = \frac{nG}{nr + R + \frac{l}{q}(\sigma + \Pi)},$$

und wenn man kürzehalber setzt:

$$nr + R + \frac{l}{q}(\sigma + \Pi) = A_n,$$

hat man:

$$I = \frac{nG}{A_n - \frac{lP}{q}}, \quad I_{,} = \frac{nG}{A_n},$$

$$I - I_{,} = \frac{nGlP}{A_n(qA_n - lP)} \dots \quad (f)$$

Dieser Ausdruck ist endlich und positiv, so lange $qA_n > lP$; $qA_n = lP$ würde I unendlich machen, und $qA_n < lP$ dem heterodromen Strom die Oberhand verschaffen. Durch Einführung des additionellen Widerstandes und Vertauschen von n mit N wird (f)

$$I - I_{,} = \frac{NGlP}{(A_N + W)[q(A_N + W) - lP]}.$$

Für ein sehr grosses W nähert sich dieser Ausdruck dem Werthe

$$I - I_{,} = \frac{NGlP}{qW^2},$$

d. h. der Null, und somit stellen diese Formeln, in welchen der irreciproke Widerstand ausgelassen und nur die Polarisation berücksichtigt ist, der Thatbestand, soweit er vorliegt, genügend dar.

Nicht anders gestaltet sich das Ergebniss, wenn man die positive Polarisation P, statt I proportional, davon unabhängig setzt, was mehr der Hypothese entspricht, wonach sie nur Nachwirkung eines ausgelösten Schlages wäre; denn in diesem Falle kommt einfach

$$I - I_{,} = \frac{lP}{A_n} \text{ ohne,}$$

$$\text{und } I - I_{,} = \frac{lP}{A_N + W} \text{ mit}$$

additionellem Widerstand und vielen Grove. Der erste Ausdruck ist positiv, der zweite nähert sich für wachsende W der Null.

Folglich ist es nach den bisherigen Beobachtungen, trotz allem Anschein, nicht nöthig, zur Erklärung des Thatbestandes irreciproken Widerstand anzunehmen. So unwahrscheinlich es ist, dass die absolut und relativ positive Polarisation durch den homodromen Strom eine Verstärkung dieses Stromes im Vergleich zum heterodromen im Verhältniss von 100 : 13·3 bewirken könne (s. oben S. 78), die gewünschte Entscheidung ist auf diese Weise nicht herbeizuführen, und wir müssen sie in einem anderen Gebiet von Erfahrungen suchen.

§. 10. Maassbestimmungen über den Leitungswiderstand des elektrischen Organs vom Zitterrochen.

Ganz abgesehen von allen nebenher daran sich knüpfenden Fragen, war es natürlich von grossem Interesse, etwas über die Leitung des Organs im Vergleich zu der anderer Gewebe zu ermitteln. Das dabei zu befolgende Verfahren war durch die Versuche gegeben, welche ich 1871 über den Widerstand des Froschmuskels, der physiologischen Steinsalzlösung und des damit angekneteten Thones angestellt hatte,[1] wobei ich mich des zuerst von Hrn. Ranke angewendeten Kunstgriffes bediente, die Gewebe, Flüssigkeiten u. d. m. in Glasröhren von gleichen Dimensionen einzuschliessen, um ihnen prismatische Gestalt, gleiche Länge und gleichen Querschnitt zu ertheilen.[2] Hinsichtlich der Einzelheiten der Methode verweise ich auf die damals gegebene Beschreibung. Um aber diese verständlicher zu machen, und weil bei aller Einfachheit der Apparat sich für unsere Zwecke doch sehr gut bewährt hat, bilde ich ihn hier in Fig. 3 nachträglich in etwas vervollkommneter Gestalt ab. Der neue Apparat unterscheidet sich in einigen Punkten von meinem ursprünglichen Modell. Unwesentlich ist, dass die Trichter, die mit physiologischem Thon gefüllt die Grundflächen des die Gewebe u. d. m. enthaltenden Rohres mit den Zuleitungsbäuschen verbinden, statt aus Guttapercha aus Kammmasse bestehen, und von stark

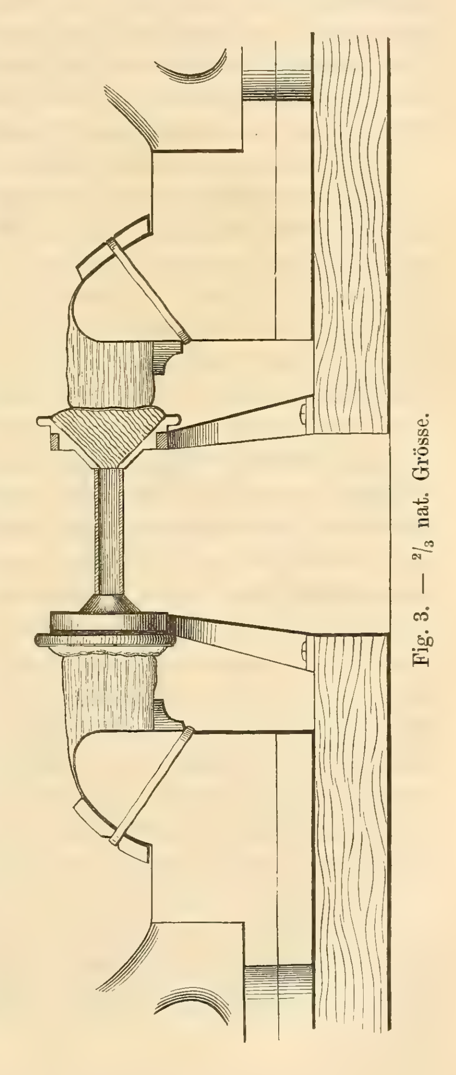


Fig. 3. — $^2/_3$ nat. Grösse.

[1] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 373 ff.

[2] Joh. Ranke, *Tetanus. Eine physiologische Studie.* Leipzig 1865. S. 44.

lackirten messingenen Ständern getragen werden; von grösserer Bedeutung, dass der Durchmesser ihrer Mündung die Dicke der Bäusche nur wenig übertrifft, daher die Seite ihrer Kegel nur noch 12·5 ^{mm} lang ist. Dadurch wird ihr Widerstand um einen nicht unbeträchtlichen, und insofern schädlichen Theil vermindert, als es wünschenswerth ist, dass der Widerstand der übrigen Leitung gegen den des Leiters, dessen Widerstand bestimmt werden soll, möglichst klein sei. Leicht erkennt man in der Figur, zwischen den Bäuschen der gewöhnlichen Zuleitungsgefässe, links den im Aufriss, rechts den im Durchschnitt gezeichneten Trichter mit der ihn erfüllenden Thonmasse, und zwischen den Trichtern eingeklemmt das Widerstandsrohr

Die früher angewendeten Rohre, von 25 ^{mm} Länge und 4·6 ^{mm} lichtem Durchmesser, passen gerade für den M. gracilis eines Frosches von 22 ^{cm} zwischen Nasenspitze und längster Zehe, was jetzt hier zu Lande eine sicher zu beschaffende mittlere Grösse ist.[1] Ich war noch im Besitz dieser nämlichen Rohre; es fand sich, dass sie auch für Organpraeparate die geeignete Länge und Weite hatten. Um diese in sie einzuführen, so dass sie die Rohre strotzend ausfüllten, zog ich einen Faden durch die Rücken- oder Bauchhaut des Praeparates, und an dem Faden das Praeparat in das Rohr Etwa überstehende Enden wurden abgeschnitten. Manchmal unterstützte ich das Eindringen des Praeparates in das Rohr durch Saugen. Dabei begegnete es mir, das Praeparat durch das Rohr hindurchzusaugen, und in den Mund zu bekommen. Zu meinem Erstaunen fand ich das Organ ganz fade schmeckend, ohne eine Spur des Salzgeschmackes, den ich nach Boll's Angabe über den Liquor cerebrospinalis des Zitterrochen erwartete.[2]

Nach Boll's Schätzung sind im Leben die Gewebe von Torpedo mit einer 2·5procentigen Salzlösung durchtränkt, so dass erst eine Chlornatriumlösung von diesem Gehalt sich „physiologisch" zu ihnen verhält. Nach Hrn. Léon Fredericq enthält das Blut von Octopus vulgaris und Astacus marinus etwa viermal mehr Salze als das von Säugern. Ich vermuthete danach, dass die Gewebe von Seethieren, insbesondere von Seefischen, salzreicher seien als die von Süsswasserthieren, und dass sie demgemäss auch besser leiten würden. Dann würden sie von den Stromcurven, mit welchen ein Zitterrochen-Schlag die See um sie her erfüllt, stärker getroffen, als wenn sie nur den Salzgehalt von Süsswasserthieren hätten; denn diese Curven verdünnen sich in einem in die See getauchten schlechter leitenden Körper.[3] Dass dem Zitterrochen selber mit besserer Leitung seines Organs

---

[1] *Dies Archiv.* 1884. S. 13.

[2] *Monatsberichte der Akademie.* 1875. S. 710; — *Dies Archiv,* 1875. S. 463 Anmerkung.

[3] *Untersuchungen* u. s. w. S. 133. 415.

gedient sein müsse, schien vollends einzuleuchten. Aber die Dinge verhalten sich anders.

Zunächst stellte sich heraus, dass die Gewebe von Seefischen nicht merklich salzreicher sind als die von Süsswasserfischen. Hrn. Atwater's und Hrn. König's Tabellen liess sich schon nicht mit Sicherheit grösserer Salzreichthum der Seefische entnehmen, und das Zitterrochen-Organ selber lieferte Hrn. Weyl nur wenig mehr Asche, als das Muskelfleisch von Flussfischen enthält (I. S. 108 Anm.).[1] Hr. Fredericq aber hatte, was mir entgangen war, schon zur Zeit meiner ersten Mittheilung das von ihm bei wirbellosen Seethieren erkannte Verhalten bei Seefischen — Trachinus spec., Solea vulgaris, G. Aeglefinus, einem Hai — vermisst, und war dazu gelangt, in dieser Unabhängigkeit des Salzgehaltes der Fische von dem des Mittels, in welchem sie leben, einen Fortschritt ihrer Organisation über die der Wirbellosen zu erblicken.[2] Boll, welcher nur nach dem Geschmack des Liquor cerebrospinalis urtheilte, ist vielleicht durch den von Frerichs und Städeler entdeckten Gehalt des Gewebesaftes der Rochen an Harnstoff getäuscht worden.[3]

Wie dem auch sei, das Zitterrochen-Organ, weit entfernt, besonders gut zu leiten, leitet nicht einmal so gut wie der Länge nach durchströmter Froschmuskel. Im Folgenden bezeichnen die durch Indices unterschiedenen i die Anzahl der Scalentheile, um welche der Oeffnungsschlag des Schlitteninductoriums bei ganz mit Stäben gefüllter primärer und ganz aufgeschobener secundärer Rolle, durch 5000 Windungen in 100 mm Abstand den eben aperiodischen Spiegel ablenkte, wenn die den Indices entsprechenden Widerstände sich zwischen den Thonkegeln befanden. Wie früher ist i_o die Ablenkung ohne Widerstand zwischen den Kegeln; i_{lg}, i_{lw}, i_{sw} sind die Ablenkungen mit dem Rohre beziehlich voll dreiviertelprocentiger Steinsalzlösung, voll Leitungswasser und voll Seewasser, i_m ist die Ablenkung mit dem Rohre voll Froschmuskelfleisch, endlich i_{ho} und i_{he} sind die Ablenkungen mit dem beziehlich homodrom und heterodrom durchströmten Organ im Rohr. w_o, w_{lw}, w_{sw}, w_m, w_{ho} und w_{he} sind die entsprechenden specifischen Widerstände, auf den der dreiviertelprocentigen Steinsalzlösung, w_{lg}, als Einheit bezogen.

Eine erste Versuchsreihe wurde im vorigen Sommer an der zweiten Torpedo, am dritten Tage, noch mit dem ursprünglichen Apparat angestellt,

---

[1] Vergl. auch Almén, in Maly's *Jahresbericht über die Fortschritte der Thier-Chemie.* Bd. VII. 1877. S. 308.

[2] *Bulletin de l'Académie royale des Sciences . . . de Belgique.* 3me Série. t. IV. Nr. 8. Août 1882. p. 209.

[3] Erdmann's und Werther's *Journal für praktische Chemie.* 1858. Bd. LXXIII. S. 48.

der mir zu den 1871 beschriebenen Versuchen gedient hatte. Die drei Organpraeparate, deren Widersand bei homodromer und heterodromer Stromrichtung bestimmt wurde, zeigten den Organstrom in richtigem Sinne und von ansehnlicher Stärke. Im Mittel von fünf wenig von einander abweichenden Bestimmungen nach beiden Richtungen ergab sich

$$i_0 = 66 \cdot 7,\ i_{lg} = 49 \cdot 2^{sc}.$$

In diesem Zustand, ohne Rohr, oder mit dem Rohr voll physiologischer Steinsalzlösung, zeigte der Apparat keine merkliche Irreciprocität der Leitung.

Von den Organpraeparaten gaben:

$$\text{I. } i_{ho} = 36 \cdot 0, \ldots\ldots i_{he} = 31 \cdot 0,$$
$$\text{II. } i_{ho} = 31 \cdot 2, \ldots\ldots i_{he} = 23 \cdot 0,$$
$$\text{III. } i_{ho} = 29 \cdot 0, \ldots\ldots i_{he} = 8 \cdot 8.$$

Daraus finden sich, $w_{lg} = 1$ gesetzt, nach der Formel

$$w_{ho} : w_{he} : wlg :: \frac{1}{i_{ho}} - \frac{1}{i_o} : \frac{1}{i_{he}} - \frac{1}{i_o} : \frac{1}{i_{lg}} - \frac{1}{i_o}$$

$$\text{I. } w_{ho} = 2 \cdot 397, \ldots w_{he} = 3 \cdot 238,$$
$$\text{II. } w_{ho} = 3 \cdot 199, \ldots w_{he} = 5 \cdot 342,$$
$$\text{III. } w_{ho} = 3 \cdot 655, \ldots w_{he} = 18 \cdot 50.$$

Dies höchst auffallende Ergebniss veranlasste mich nochmals den Widerstand des Froschmuskels im Vergleich zur physiologischen Salzlösung, wie auch bei gleicher Gelegenheit den des künstlichen Seewassers des Berliner Aquariums zu bestimmen, welches bei 22·75° C. ein specifisches Gewicht von 1·0250 besass, also scheinbar etwas mehr als bei Gelegenheit von Prof. Christiani's Bestimmung der Leitungsfähigkeit von Seewasser.[1] Diesmal war $i_0 = 60 \cdot 9^{sc}$, $i_{lg} = 48.0^{sc}$; i_m fand sich $= 40 \cdot 0$, $i_{sw} = 56 \cdot 5^{sc}$, woraus sich ergaben

$$w_m = 1 \cdot 9383,\ w_{sw} = 0.3202.$$

Ich hatte w_m früher (1871) $= 1 \cdot 9045$ gefunden; der Unterschied beträgt $^1/_{57}$; auf eine genauere Uebereinstimmung ist bei derartigen Bestimmungen kaum zu rechnen.

Eine zweite Versuchsreihe der Art unternahm ich an der dritten Torpedo am zweiten Versuchstage. Ich übergehe die beobachteten Ablenkungen, und theile sogleich die daraus berechneten, auf den specifischen Widerstand der physiologischen Salzlösung als Einheit bezogenen specifischen Widerstände von drei weiteren homo- und heterodrom durchströmten Praeparaten mit, welche kräftigen Organstrom zeigten.

$$\text{IV. } w_{ho} = 3 \cdot 5983, \ldots\ldots w_{he} = 13 \cdot 5517$$
$$\text{V. } w_{ho} = 3 \cdot 3741, \ldots\ldots w_{he} = 6 \cdot 2752$$
$$\text{VI. } w_{ho} = 3 \cdot 7781, \ldots\ldots w_{he} = 6 \cdot 2752.$$

[1] *Untersuchungen* u. s. w. S. 413.

Bei der gleichen Gelegenheit bestimmte ich den Widerstand des Leitungswassers w_{lw} zu 37·955. Es war von Interesse zuzusehen, wie diese Bestimmungen des See- und des Leitungswassers zu den im Zitteraal-Buche a. a. O. mitgetheilten passen würden, welche Prof. Christiani mittels eines anderen Verfahrens gewann. In Prof. Christiani's Versuchen leitete das Leitungswasser **126·57** Mal schlechter als das Seewasser des Aquariums. Unsere Zahlen geben

$$0 \cdot 3202 : 37 \cdot 955 = 1 : \mathbf{118 \cdot 52};$$

ein näheres Zusammentreffen ist unter solchen Umständen kaum zu verlangen.

Wie man sieht, leitet das Organ auch in homodromer Richtung, wo es besser leitet, erheblich, bis zu zweimal, schlechter als Froschmuskel parallel der Faser, und 7·5 bis 12 Mal schlechter als das Seewasser des Aquariums. Mit dem Seewasser aus dem Mittelmeere, welches fast 150 Mal besser leitet als Leitungswasser, würde das Verhältniss noch ungünstiger sein. In heterodromer Richtung aber leitet das Organ sogar 20 bis 58 Mal schlechter als Seewasser.

Entsprechende, ziffermässige Bestimmungen für die quere Leitung des Organs zu erhalten, erlaubt unser Verfahren nicht. Dass das elektrische Organ in querer Richtung völlig reciprok leite, habe ich schon vor langer Zeit am Zitterwelse gezeigt, wo man bequem Streife des Organs senkrecht auf die Schlagrichtung schneiden kann. Jetzt versuchte ich am Zitterrochen-Organ aber wenigstens zu ermitteln, wie die quere Leitung im Allgemeinen zur homo- und heterodromen sich verhalte. Ich schnitt aus dem Organ möglichst gleichmässig dicke quadratische Scheiben, an denen ein Rand von Rücken-, der gegenüberliegende von Bauchhaut, die beiden Seitenränder von Seitenflächen der Säulen gebildet waren, und sandte Inductionsschläge hindurch bald vom Bauch zum Rücken, bald vom Rücken zum Bauch, bald in querer Richtung vom einen Seitenrande zum anderen. In homodromer Richtung erfolgten beispielsweise 80·7, in heterodromer 22·5, in querer Richtung in jedem Sinne 99^{sc}. Es konnte der Verdacht entstehen, dass der Anschein besserer Leitung in querer Richtung davon herrühre, dass die Haut am Rücken- und Bauchrand der Scheibe den Widerstand bei Durchströmung der Länge nach vergrössere. Als ich aber die Seitenränder mit Hautstücken überzog, und durch diese hindurch ihnen den Strom zuführte, erfolgten immer noch 95^{sc} Ausschlag; nach Entfernung der künstlichen Hautbekleidung ebensoviel, dagegen homodrom jetzt nur noch 75, heterodrom 18^{sc}. Danach scheint es, als leite das Organ in querer Richtung sogar besser als in homodromer, doch betrachte ich dies Ergebniss, wegen der Mangelhaftigkeit der Versuchsweise, noch nicht als sicher.

§. 11. Abhängigkeit des irreciproken Widerstandes und des Widerstandes des Organs überhaupt vom Lebenszustande.

Die geringe Leitungsgüte des Organs und deren Irreciprocität sind an das Leben geknüpft. Wurde das Rohr mit Säulen gefüllt, welche zu beiden Enden herausragten, und mehrere Minuten in siedendes Wasser getaucht, wobei das Organ saure Reaction annimmt, so blieb es trotz der durch das Sieden bewirkten Schrumpfung der Säulen mit Organ gefüllt. Dass gesottenes Organ besser als lebendes leite, gab ich schon früher an (I. S. 129. 130). Ich kann jetzt hinzufügen, dass sein Widerstand erstens in beiden Richtungen völlig derselbe wird, zweitens dass er (nach der Abkühlung) kleiner ist als der kleinste Widerstand des Organs in homodromer Richtung, ja kleiner als der der physiologischen Salzlösung. Auf diesen als Einheit bezogen fand ich ihn nur noch $= 0 \cdot 9294$.

Aehnlich, nur selbstverständlich in langen Zeiträumen, verlaufen die Dinge am freiwillig absterbenden Organ. Auch hier nähern sich der homodrome und der heterodrome Widerstand der Gleichheit, und es sinkt der homodrome Widerstand. Natürlich eignet sich das abgestorbene Organ, besonders im mehr vorgeschrittenen Zustand der Fäulniss, nur schlecht zu Praeparaten, welche in das Widerstandsrohr hineingezogen werden sollen. Die daraus dargestellten Praeparate haben, wie ich schon vor langer Zeit bemerkte (I. S. 111), die Neigung, zwischen der derberen Rücken- und und Bauchhaut, welche ihre Polflächen überzieht, zu sanduhrähnlicher Gestalt zu zerfliessen. Doch gelingt es bei einiger Geduld, Bestimmungen wie folgende zu erhalten.

Fünfundfünfzig Stunden nach dem Tode reagirte das bei niederer Temperatur aufbewahrte Organ der siebenten Torpedo nicht deutlich sauer. Es roch schon ammoniakalisch, wahrscheinlich also war die Säure durch das von der Umsetzung des Harnstoffes in den Geweben herrührende kohlensaure Ammonium neutralisirt, wie denn auch an den Muskeln nur stellenweise saure Reaction nachgewiesen werden konnte Die Praeparate wirkten schwach in homodromem Sinne, doch war dies schwerlich Organstrom, eher eine durch im Inneren des Organs zufällig sich berührende saure und alkalische Flüssigkeit erzeugte elektromotorische Wirkung. An einem ersten Praeparat ergab sich

$$w_{ho} = 2 \cdot 968, \ldots w_{he} = 3.231.$$

Die Irreciprocität betrug also nur noch 8 Procent der homodromen Stromstärke. An einem anderen Praeparat aber wurde sie unmittelbar darauf ganz vermisst, und der nach beiden Richtungen gleiche Widerstand war nur noch

$$w_{ho} = w_{he} = 2 \cdot 317.$$

Am folgenden Tage, 76 Stunden nach dem Tode bei deutlicher Fäulniss, konnte vollends kein Unterschied der homodromen und heterodromen Leitung mehr wahrgenommen werden, und ich fand an zwei Praeparaten

$$w_{ho} = w_{he} = 1 \cdot 0826; = 0 \cdot 8553.$$

Im letzteren Fall also war der Widerstand kleiner als der der physiologischen Salzlösung, ja als der des gesottenen Praeparates.

Es fragt sich, woher die bedeutenden Schwankungen im heterodromen Widerstand des Organs herrühren mögen. Wahrscheinlich sind die grössten dafür gefundenen Zahlen die richtigsten, und die kleineren Werthe beruhen auf einer doppelten Ursache. Erstens ist das quetschende Hineinziehen der Säulen in das Widerstandsrohr unstreitig schon an sich ein deren Leistungsfähigkeit schädigendes Verfahren. Zweitens kann es nicht fehlen, dass dabei die Platten zum Theil, wenn nicht sämmtlich, mehr oder weniger schief sich lagern, da dann der an die senkrechte Richtung des Stromes gegen die Platten gebundene heterodrome Widerstand nothwendig sinkt.

Es wäre wünschenswerth gewesen, auch noch die Leitungsgüte anderer Gewebe des Zitterrochen, insbesondere seiner Muskeln, zu bestimmen. Allein erstens habe ich am Zitterrochen bisher keinen Muskel gefunden, der sich einigermaassen als regelmässiger Muskel nach Art einiger Oberschenkelmuskeln des Frosches, des Sartorius des Hundes und anderer mehr, gebrauchen liesse. Dann hatte ich im Anfang der Versuche an jedem Fische stets noch wichtigeren Fragen mein Augenmerk zuzuwenden, und in den wenigen Fällen, wo ich dazu kam, an den Muskeln experimentiren zu wollen, traf ich sie schon mehr oder minder leistungsunfähig, ja zum Theil sauer reagirend an. Dies ist auch der Grund, weshalb ich über die elektromotorische Kraft der Zitterrochen-Muskeln noch nichts zu sagen weiss.

§. 12. Die Leitung des elektrischen Organs bei Untersuchung mittels beständiger Ströme.

Was das elektrische Organ betrifft, so scheint nach Obigem nun doch kein Zweifel mehr daran sein zu können, dass es irreciprok leite. Giebt es keine solche Leitung, so ist man gezwungen, der absolut und relativ positiven, homodromen Polarisation unter Umständen die Kraft von zwanzig Grove'schen Elementen zuzuschreiben (I. S. 123. 124. 128). Wenn solche Kraft die Ursache der Ueberlegenheit des homodromen Stromes wäre, wie sollte man verstehen, dass selbst in homodromer Richtung das Praeparat schlechter leitet als physiologische Salzlösung, ja als Froschmuskel? Man kann nicht behaupten, dass es an sich so schlecht leite, dass trotz jener ungeheuren homodromen Kraft nur eine so kleine Stromstärke zu Stande

kommt, denn dafür ist wieder die heterodrome Leitungsgüte auch im schlimmsten Falle nicht klein genug. Dazu tritt noch, dass, wenn die Ueberlegenheit des homodromen Stromes auf Polarisation beruhte, es nicht zu begreifen wäre, wie beim Absterben, beim Todtsieden des Organs, die Leitungsgüte für beide Ströme gleich wird und dabei absolut zunimmt, so dass sie sogar die der physiologischen Salzlösung übertrifft. Das Wegfallen einer gleichsinnigen elektromotorischen Kraft kann nicht Schwächung des Stromes zur Folge haben.

Es scheint, wie gesagt, unmöglich, sich dem Gewicht dieser Gründe zu entziehen, und das Dasein der irreciproken Leitung im elektrischen Organ wird von hier ab als gesichert anzusehen sein. Doch steht unserer Vorstellung von dieser merkwürdigen Eigenschaft des Organs noch eine ansehnliche Wandlung bevor.

Ich erinnerte mich nämlich jetzt, dass ich diese sonst allem Anschein nach beweiskräftigen Versuche nur mit Inductionsschlägen ausgeführt hatte. Es fiel mir auf, dass in den oben S. 74 erwähnten Beobachtungsreihen, in denen der Strom Grove'scher Säulen längere Zeit durch die Praeparate geschlossen wurde, die Ueberlegenheit des homodromen Stromes zwar bemerkbar blieb, jedoch bei weitem nicht so stark sich geltend machte, wie in den Versuchen mit Inductionsschlägen oder mit kurz dauernden Säulenströmen. Der Verdacht stieg mir auf, dass die Irreciprocität der Leitung, ausser von der Dichte, auch noch vom zeitlichen Verlaufe des Stromes abhänge, und so fand es sich in der That.

An Stelle der secundären Rolle in den vorigen Versuchen wurde die Grove'sche Säule unmittelbar in den Kreis der Bussole aufgenommen, auf deren Spiegel nur 45 Windungen aus passender Entfernung wirkten. Die Säule wurde mittels des Quecksilberschlüssels aus freier Hand beliebig lange nach der Uhr oder auch nur kurze Zeit mittels der oben S. 53 Anm. erwähnten Vorrichtungen geschlossen. Erforderlichenfalls wurde sie mit der secundären Rolle des Inductoriums vertauscht, welche ganz auf die mit Stäben gefüllte primäre Rolle aufgeschoben war. Die Praeparate lagen auf der dreieckigen Glasplatte, mit Bauch- und Rückenhaut zwischen den Thonschilden der Zuleitungsgefässe. In den folgenden Versuchsreihen bedeutet „Langer Schluss", dass die Säule so lange geschlossen gehalten wurde, wie es ohne zu grosse Störungen durch Erwärmung, Polarisation u. d. m. möglich war. Alle Ablenkungen sind auf die Grösse reducirt, die sie mit den 45 Windungen auf Null gehabt hätten.

Erste Reihe.

6. Torp. — Frisch.

Grove'sche Säule.

Langer Schluss.

I ↑ 223 ↓ 223 ↑ 223.

Es giebt sich keine Irreciprocität der Leitung kund.

Langer Schluss.

V ↓ 1128 ↑ 1159 ↓ 1140 ↑ 1177.

Sichere, wenn auch schwache Irreciprocität.

Langer Schluss.

XX ↑ 4439 ↓ 4658 ↑ 5098 ↓ 4927.

— 219 — 440 + 171.

Die Störung durch Erwärmung des Praeparates und der Thonschilde macht sich bemerkbar, so dass die Irreciprocität deutlich erst in der Reihe der Unterschiede hervortritt.

Inductionsschläge.

↑ 15 ↓ 3; 3 ↑ 15; 15.

Man sieht, dass das Praeparat, sobald nur kurzdauernde Schläge es treffen, die Irreciprocität der Leitung in vollem Maass offenbart.

Grove'sche Säule.

Langer Schluss.

XX ↑ 4756 ↓ 1481 ↑ 4903 ↓ 4890

— 25 — 122 + 13.

Wieder zeigt sich die Irreciprocität nur in der Reihe der Unterschiede.

SZ 0''·0310

XX ↓ 86 ↑ 95 ↓ 84 ↑ 95.

Bei kurzem Schlusse tritt sie sofort klar hervor, wenn auch minder ausgesprochen als mit Oeffnungsschlägen.

Langer Schluss.

XX ↓ 3927 ↑ 4318 ↓ 4207 ↑ 4634.

Trotz den Nebenwirkungen zeigt sie sich diesmal bei langem Schlusse, auch ohne die Reihe der Unterschiede aufzustellen.

Das Praeparat während der ganzen Versuchsreihe unverrückt.

Zweite Reihe.

6. Torp. — Zweiter Tag.

Grove'sche Säule.

SZ 0''·0310 [1] | Langer Schluss | SZ 0''·0310

I ↑ 2·55 ↓ 1·45 ↑ 2·61 ↓ 1·34 ‖ ↑ 30 ↓ 29 ↑ 30 ↓ 30·5 ‖ ↑ 2·66 ↓ 1·48 ↑ 2·58 ↓ 1·85.

Also selbst mit nur einem Grove zeigt sich unter günstigen Umständen Irre-

[1] Hier wurden statt 45 Windungen auf Null, 5000 in 30^{mm} Entfernung angewandt. Die Ausschläge sind im Verhältniss von 45/5000 verkleinert und auf den Rollenabstand Null reducirt (vergl. I. S. 139).

ciprocität der Leitung bei kurzem Schlusse, bei langem ist sie nur sehr schwach ausgeprägt, wie sie denn im entsprechenden Versuch der ersten Reihe ganz vermisst wurde.

SZ 0″·0310 Langer Schluss

V ↑ 20 ↓ 17 ↑ 19·5 ↓ 15 ‖ ↑ 878 ↓ 866 ↑ 902 ↓ 866

SZ 0″·0310 Langer Schluss

XX ↑ 115 ↓ 95 ↑ 120 ↓ 95 ‖ ↑ 5073 ↓ 5415 ↑ 7073

— 342 — 1658.

Die Erwärmung des Praeparates verhindert weitere Beobachtung; die irreciproke Leitung macht sich trotzdem in der Reihe der Unterschiede bemerkbar.

Diesen Versuchen schliesst sich als gleichbedeutend auch der letzte (25.) Versuch des Anhanges zur Ersten Mittheilung an. Hier wurde die Stromstärke in Kreise der durch ein Praeparat geschlossenen zwanziggliederigen Säule, und zugleich in einer zum Praeparat angebrachten Nebenschliessung beobachtet. Bei kurzer Schliessung war die Irreciprocität sehr stark; dauerte die Schliessung eine Secunde, so war sie schon ungleich schwächer.

§. 13. Vom Gesetz und Wesen der irreciproken Leitung im elektrischen Organ.

Hiernach kann kein Zweifel sein, dass die Irreciprocität der Leitung bei kurzem Kettenschlusse, vollends bei Oeffnungsschlägen eines Inductoriums, ungleich stärker hervortritt, als bei längerem Schlusse, und dass die Maassbestimmungen des §. 10, sofern sie auf heterodrome Leitung im Organ sich beziehen, nur für Oeffnungsinductionsschläge gelten. Folgendermaassen lässt sich nunmehr die doppelte Abhängigkeit der irreciproken Leitung von Stromdichte und -Dauer versinnlichen.

In Fig. 4 sieht man vom Nullpunkt aus nach links und vorn sich erstrecken die Δ-Axe der Stromdichten, nach rechts und vorn die T-Axe der Schliessungszeiten. Die von einander unabhängigen Abscissen auf beiden Axen sind willkürlich abgemessen. Als Ordinaten sind auf den Punkten der T-Δ-Ebene aufgetragen die homodromen Widerstände W und die heterodromen Widerstände R. Der homodrome Widerstand ist von Stromdichte und -Dauer unabhängig, die ihn darstellenden Ordinaten haben also überall die willkürlich gewählte gleiche Höhe Ow_1, und ihre Köpfe liegen sämmtlich in der, der T-Δ-Ebene parallelen Ebene $w_{1,2,3,4}$. Der heterodrome Widerstand ist unterhalb der Stromdichte Δ_s vom homodromen Widerstande nicht merklich verschieden, die Irreciprocität hier scheinbar gleich Null. Ob sie es wirklich sei, ist nicht ausgemacht, denn ich habe leider versäumt, die Versuche mit schwachen Oeffnungsschlägen bei höherer Empfindlichkeit der Bussole zu wiederholen, da sich dann vielleicht ein bei der oben S. 87 angewendeten Empfindlichkeit unwahrnehmbarer Unter-

schied herausgestellt hätte. Wie dem auch sei, einstweilen sagen wir, dass bei Δ_s eine Schwelle stattfindet, unterhalb welcher für gewisse Beobachtungsmittel die Köpfe der die heterodromen Widerstände darstellenden Ordinaten in dem Stück $r_{1,s,5,4}$ der der T-Δ-Ebene parallelen Ebene $w_{1,2,3,4}$ zu liegen scheinen. Ueber diese Schwelle hinaus aber wird der heterodrome Widerstand um so grösser, je grösser die Dichte und je kleiner die Schliessungszeit. Um so höher also erheben sich mit wachsender Dichte und mit ab-

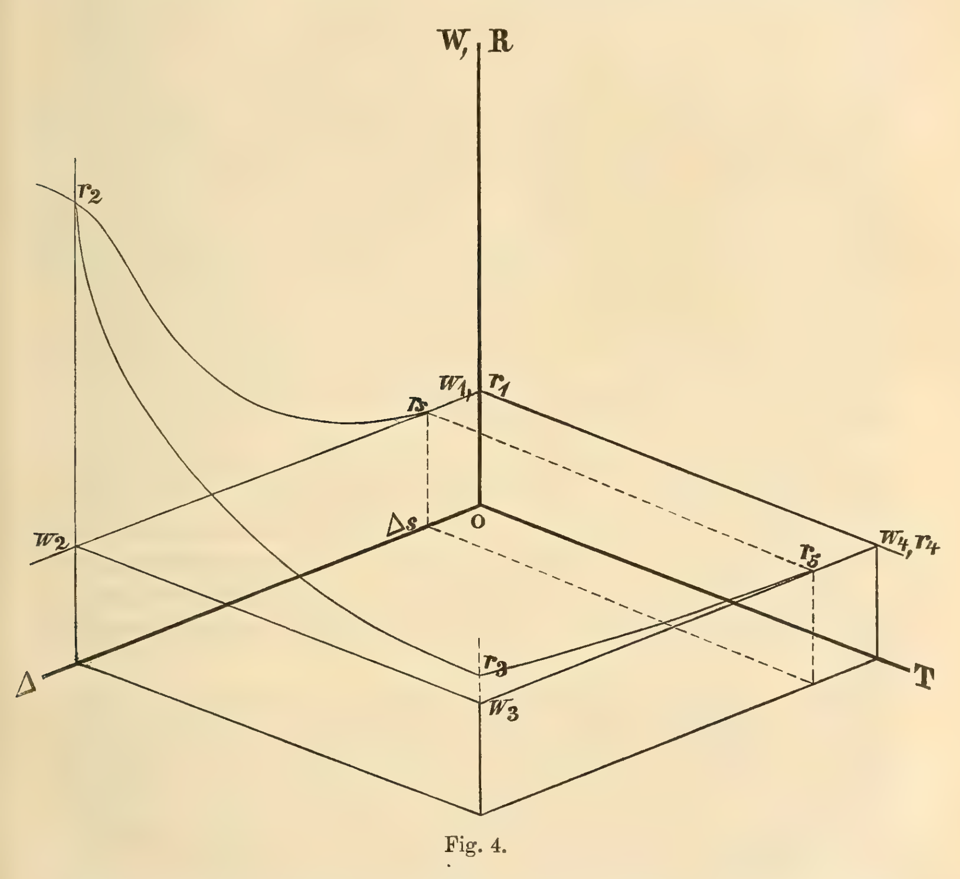


Fig. 4.

nehmender Schliessungszeit die Köpfe der Ordinaten r über die Ebene $w_{1,2,3,4}$, so dass sie in der verwickelt gekrümmten Fläche $r_{1,2,3,4}$ liegen. Es ist anzunehmen, dass der heterodrome Widerstand mit wachsender Stromdichte einer Grenze sich nähere (s. oben S. 76); dies wird durch den, zuletzt gegen die Axe der Dichten concaven Verlauf der Curve des heterodromen Widerstandes für verschwindend kleine Schliessungszeit ausgedrückt. Ebenso nähert er sich wohl mit wachsender Schliessungszeit einer unteren

Grenze, so dass die Curve $r_{2,3}$ sich asymptotisch einer der Axe der Zeiten parallelen Geraden anschliesst: worüber aber noch unten etwas zu bemerken sein wird.

Damit ist das Gesetz der Erscheinung im Grossen und Ganzen erkannt. Die Art, wie wir oben S. 75. 76 die Irreciprocität formulirten, erscheint nun wohl hinlänglich gerechtfertigt. Ueber die Ursache der Erscheinung ist es für jetzt unmöglich sich eine befriedigende Vorstellung zu bilden. Bei einem im Inneren eines porösen feuchten Leiters auftretenden, mit der Stromdichte wachsenden Widerstande wird man zunächst an etwas dem von mir beschriebenen inneren secundären Widerstand[1] Aehnliches denken. Doch ist kaum eine wahre Analogie zwischen beiden Erscheinungen vorhanden. Zwar hat der innere secundäre Widerstand mit dem heterodromen Widerstand im elektrischen Organ das gemein, dass Siedhitze ihn vernichtet. Aber abgesehen davon, dass er bisher nur an lebendem Pflanzengewebe erkannt wurde, ist er unabhängig von der Stromrichtung; zu seiner Entwickelung bedarf er längeren Schlusses, und ist er einmal entwickelt, längerer Zeit zu seinem Verschwinden, während im Gegentheil der heterodrome Widerstand im ersten Augenblick am stärksten vorhanden mit längerer Dauer des Stromes sinkt, und dann doch bei erneutem kurzen Schlusse wieder in voller Höhe sich zeigt.

Es scheint vielmehr als habe man sich zu denken, dass der heterodrome Strom, sobald seine Dichte einen gewissen Werth, den Schwellenwerth, im Praeparat übersteigt, auf einen besonderen Widerstand stösst, zu dessen Besiegung eine gewisse Zeit gehört. So würde es sich erklären, dass bei kurzen Stromstössen die Irreciprocität der Leitung stark hervortritt, bei längerer Dauer der Ströme nur noch vergleichsweise wenig davon übrig bleibt.

Vielleicht sogar beruht das geringe Maass von Irreciprocität bei stetiger Strömung auf etwas Anderem, als die starke Irreciprocität bei Stromstössen. Denn eine schon in der ersten Mittheilung, S. 128, gemachte Bemerkung darf jetzt hier nicht vergessen werden. Weil an dem Dasein der homodromen positiven Polarisation nicht zu zweifeln ist, muss sie auch dann noch als Mitursache der scheinbar irreciproken Leitung angesehen werden, wenn diese wirklich auf einen in beiden Richtungen ungleichen Widerstand zurückgeführt wird. Bei langem Schlusse wird die Irreciprocität aber so gering, dass der Grund fortfällt, aus welchem wir beim ersten Anblick deren Erklärung allein durch Polarisation für unwahrscheinlich hielten, nämlich die ungeheure, auf viele Grove sich belaufende Kraft, die wir der

---

[1] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. I. S. 90 ff. 116 ff.

Polarisation zuschreiben mussten. Bei langem Schlusse beträgt der Unterschied der Stromstärken, soweit die Störungen durch Erwärmung u. d. m. es zu beurtheilen erlauben, nur noch wenige Procent, so dass bei zwanzig Grove'schen Gliedern im Kreise zur Erklärung der Irreciprocität eine Polarisationskraft von keinem vollen Grove genügen würde. Sollte diese Ansicht von der Sache sich bestätigen, so wäre also die Irreciprocität der Leitung gänzlich an die Kürze der Stromstösse gebunden. Die Curve $r_{2,3}$ in Fig. 4 müsste mit der Geraden $w_{2,3}$ verschmelzen, anstatt sich einer über ihr verlaufenden Parallelen anzuschliessen.

Dass die Mechanik der irreciproken Leitung im Längenelement der Säulen völlig im Dunkeln bleibt, braucht nicht gesagt zu werden. Mit dem über irreciproke Leitung in galvanischen und Inductions-Kreisen Bekannten, welches sich in Prof. Christiani's Buch[1] zusammengestellt findet, lässt sich hier nichts anfangen. Als wahrscheinlich können wir hinstellen, dass nicht Nerven, Gefässe, Bindesubstanzen es sind, denen diese Eigenschaft zukommt, sondern die elektrische Platte selber. Von der Boll'schen Strichelung kann sie nicht abhängen, weil, abgesehen davon dass man nicht begreift wie dies der Fall sein sollte, die Zitterwels-Platten an beiden Flächen gestrichelt sind.[2] Da Absterben und Siedhitze der Irreciprocität ein Ende machen, scheint es, als müsse sie mit der Function der Platte irgend etwas zu schaffen haben. In der Ersten Mittheilung, S. 124, versuchte ich die schlechtere heterodrome Leitung dadurch zu erklären, dass der heterodrome Strom die etwaigen elektromotorischen Molekeln schwer, oder überhaupt nicht, so zu drehen vermag, dass ihr positiver Pol nach der negativen, beim Zitterrochen nach der Bauchfläche des Organs hinsieht. Mit dieser Vermuthung scheint es auf den ersten Blick zu stimmen, dass am abgestorbenen Organ, in welchem die hypothetischen Molekeln zu wirken aufgehört haben, die Widerstände nach beiden Richtungen gleich werden. Es entsteht aber die Schwierigkeit, dass sie zugleich abnehmen, so dass sie kleiner werden, als im Leben der kleinere von beiden. Wenn die elektromotorischen Molekeln vermöge der verschiedenen elektrochemischen Natur ihrer Pole bei der elektrolytischen Leitung in der Art in Betracht kämen, wie nach der Grotthuss'schen Theorie aus elektropositiven und -negativen Stoffen zusammengesetzte Molekeln, müsste ja im Gegentheil das abgestorbene Organ in beiden Richtungen schlechter leiten, als das lebende in heterodromer Richtung. An die Auskunft ist doch nicht zu denken, dass das Organ an sich, ohne die durch elektromotorische Molekeln

[1] *Beiträge zur Elektricitätslehre.* Ueber irreciproke Leitung elektrischer Ströme u. s. w. Berlin 1876.

[2] *Untersuchungen* u. s. w. S. 291. 391. 392.

geleistete Hülfe, so schlecht leite, wie bei heterodromer Durchströmung im Leben, und dass durch Leichenveränderung, Säurebildung u. d. m. es dann besser leite, als im Leben homodrom durchströmt.

§. XIV. Teleologie der irreciproken Leitung im elektrischen Organ.

Schon wiederholt wurde in diesen Studien daran erinnert, wie die älteren Physiker und Physiologen, von Volta und Nicholson bis zu Faraday und Valentin, bei Erklärung der Wirkungen der Zitterfische nicht glaubten ohne isolirende Scheidewände auskommen zu können, die sie sich seitlich um die Organe angebracht oder im Augenblick des Schlages entstehend dachten. Die erste Frucht meiner Bemühungen auf diesem Gebiete war vor mehr als vierzig Jahren die Beseitigung dieses Irrthums. Aus histologischen Gründen bezweifelte ich Dasein, ja Möglichkeit solcher Hüllen, und zuerst nur theoretisch, später durch schematische Versuche, bewies ich, dass auch ohne isolirende Hüllen Vervielfältigung der elektromotorischen Elementarwirkung im umgebenden leitenden Mittel stattfinde, wenn gleich solche Säulenbildung als unvollkommen zu bezeichnen sei. [1]

Jetzt erfahren wir, dass in den elektrischen Organen eine Art der Leitung herrscht, zu welcher bisher nirgend ein Seitenstück bekannt ist. Jede neue Eigenschaft dieser wunderbaren Gebilde muss Aufmerksamkeit schon insofern erregen, als sich daran die Hoffnung knüpft, einen Blick in deren elektrischen Mechanismus zu erlangen. Die irreciproke Leitung interessirt nun aber ganz besonders noch dadurch, dass sie für das Organ Aehnliches leisten zu müssen scheint, wie isolirende Hüllen, ja dasselbe Ziel wohl gar noch vollständiger erreicht. Je weniger es uns gelang, diese Eigenschaft an sich mit einigem Verständniss zu durchdringen, um so erfreulicher muss es jetzt erscheinen, sie in der Oekonomie des Zitterfisch-Schlages, so zu sagen, eine nicht unwichtige Rolle übernehmen zu sehen. Folgende Betrachtung macht diese Rolle einsichtlich.

Man denke sich zuerst eine einzelne Säule des Zitterrochen-Organes von einer unendlichen leitenden Masse umgeben. Wir sehen vorläufig ab von allen Unterschieden des gewöhnlichen und des irreciproken Widerstandes, und von Polarisation, und stellen uns die Säule stetig wirksam vor. Es ist nicht schwer, das System von Stromcurven im Allgemeinen zu ent-

---

[2] Vorläufiger Abrisss einer Untersuchung über den sogenannten Froschstrom und über die elektromotorischen Fische. Poggendorff's *Annalen* u. s. w. 1843. Bd. LVIII. S. 25 ff.; — *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 678 ff.; — *Untersuchungen* u. s. w. S. 259. 284. 300.

werfen, mit welchem die Säule den Raum erfüllt. Zunächst ist dies System selbstverständlich symmetrisch um die Axe der Säule vertheilt. Ferner ist es ebenso symmetrisch in Bezug auf die zur Axe senkrechte, sie hälftende Ebene. Um uns leichter zu verständigen, heisse diese Ebene die quere Mittelebene, das positive Rückenende der Säule gelegentlich das obere, das negative Bauchende das untere.

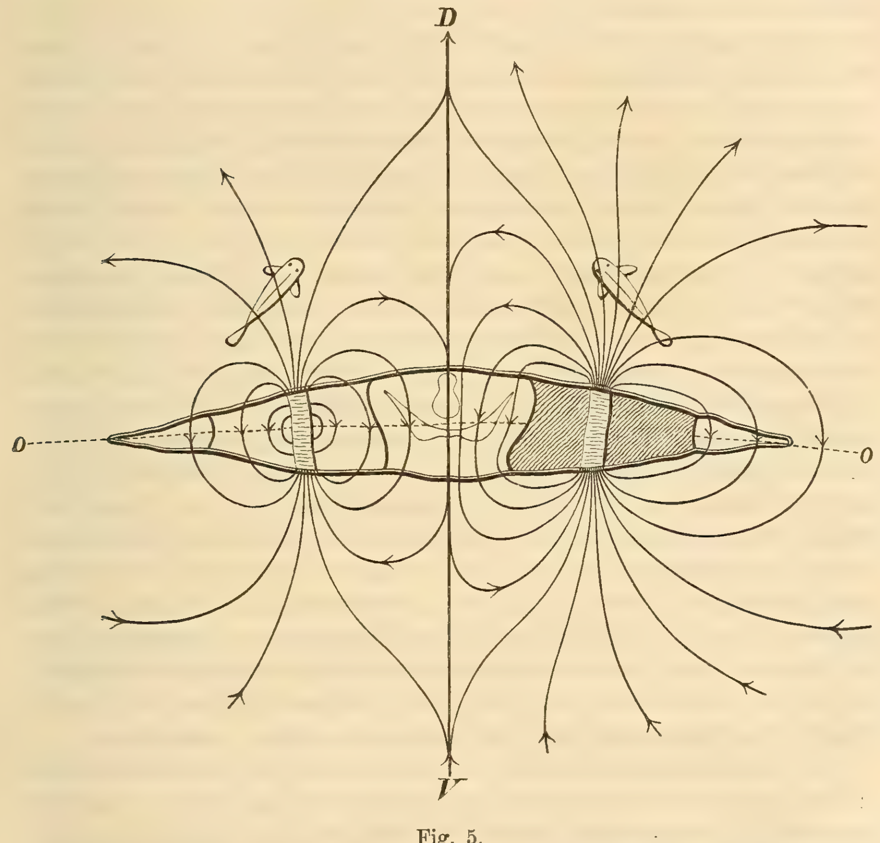


Fig. 5.

Stromcurven brechen aus der positiven Rückenfläche der Säule und auch aus Punkten der Seitenflächen oberhalb der mittleren Querebene hervor. Alle Curven schneiden senkrecht die quere Mittelebene OO, welche in der That die isoëlektrische Fläche von der Spannung Null ist. Die aus der Seitenfläche kommenden Curven kehren unterhalb der queren Mittelebene auch wieder zur Seitenfläche ein, die von Punkten der Rückenfläche ausgehenden zu entsprechenden Punkten der Bauchfläche. Die Verlängerung

der Axe selber ist eine Stromcurve, die sich in der Unendlichkeit verliert. Im Inneren der Säule findet dergestalt eine Strömung vom Bauche zum Rücken statt, näher der Axe dieser fast parallel, näher den Seitenflächen nach oben und nach unten zu auseinanderweichend, so dass die Curven die Seitenfläche schneiden. Man sieht in Fig. 5 linker Hand, durch einen gleich zu erwähnenden Umstand verzerrt, den Durchschnitt des äusseren Curvensystems mit der Transversalebene des Fisches um eine allein wirksam gedachte Säule entworfen.

Denkt man sich in der unendlichen leitenden Masse neben der ersten Säule eine zweite ganz gleiche Säule, ihre Axe der Axe jener parallel, ihre Rücken- und Bauchfläche in derselben Ebene, also auch die zu beiden Säulen gehörigen queren Mittelebenen zusammenfallend, so erfüllt die zweite Säule den Raum mit einem dem ersten ganz gleichen Systeme von Curven. Die den beiden Systemen angehörigen Stromfäden setzen sich in einem beliebigen Flächenelement des Raumes, gemäss dem Princip der Superposition der Ströme,[1] nach dem Parallelepiped der Kräfte zusammen. Ebenso verhält es sich mit einer dritten, vierten, *n*ten Säule. Verschwinden die Entfernungen der Säulen von einander und ihre Maasse gegen die Entfernung des betrachteten Flächenelementes, so wird die Dichte des Stromes im Element durch Hinzufügung der zweiten Säule verdoppelt, der dritten verdreifacht, der *n*ten ver-*n*-facht. Bei grösserer Nähe des Flächenelementes wird die Dichte des Stromes darin langsamer und in sehr verwickelter Art mit dem Anbringen neuer Säulen wachsen, stets aber mit deren Zahl steigen. Da übrigens jede Säule für alle anderen einen Theil des äusseren Raumes darstellt, wird jede von einem Theil der Stromfäden der anderen, meist heterodrom getroffen, und die Componenten der fremden Ströme ziehen sich innerhalb der Säule von denen des eigenen Stromes der Säule ab. Dies ist, was ich das Princip der unvollkommenen Säulenbildung nenne, und so wird verständlich, wie auch ohne isolirende Hüllen eine Vervielfältigung der Elementarwirkung in elektrischen Organen möglich sei.

Die weitere Betrachtung wird vereinfacht durch die Bemerkung, dass, da der Zitterrochen zwei symmetrisch gelegene Organe besitzt, es genügt, gleichzeitig in jedem Organ eine symmetrisch gelegene Säule in's Auge zu fassen. Für den von diesen beiden Säulen erregten Strömungsvorgang wird die in's Unendliche ausgedehnte Sagittalebene *VD* des Fisches eine Strömungsfläche. Wir können sie uns folglich, ohne etwas am Vorgang zu ändern, isolirend denken, oder auch den unendlichen leitenden Raum in dieser Ebene hälften, und wir brauchen nur zu untersuchen, was in dessen einer Hälfte geschieht.

[1] Vergl. Helmholtz in Poggendorff's *Annalen* u. s. w. 1853. Bd. LXXXIX. S. 212 ff.

Nach Obigem ist es klar, dass die sämmtlichen übrigen Säulen eines Organes von den Stromfäden der einen darin betrachteten Säule heterodrom durchsetzt werden, wie dies in Fig. 5 links von der Sagittalebene dargestellt ist. Fasst man einen Theil des äusseren Raumes in's Auge, etwa das in der Figur sichtbare Fischchen, so bilden für die das Fischchen treffenden Stromfäden die übrigen Stromfäden eine Nebenschliessung. Je schlechter diese leitet, um so stärker wird das Fischchen getroffen. Es wird folglich stärker getroffen, wenn man sich das Organ mit Ausnahme der einen gerade betrachteten Säule isolirend denkt, wie es in der Figur rechts von der Sagittalebene dargestellt ist, indem die Schraffirung isolirende Beschaffenheit bedeuten soll. Alsdann können die von der Randzone der Rückenfläche und der oberen Hälfte der Seitenfläche der Säule ausgehenden Stromfäden sich nicht mehr durch die nächstbenachbarten Säulen zu den entsprechenden Punkten unterhalb der mittleren Querebene begeben, welche beiläufig hier zu einer mittleren Querfläche verbogen sein wird, sondern sie sind zu dem Umweg um die Ränder des Organes gezwungen. So haben sie einen ungleich grösseren Widerstand zu überwinden, und in demselben Maasse bilden sie für die das Fischchen treffenden Stromfäden schlechtere, d. h. weniger schwächende Nebenschliessung. Isolirende Beschaffenheit des Organes wird also die Wirkung der einen leitend und elektromotorisch wirksam gedachten Säule auf einen Theil des äusseren Raumes verstärken.

Zu demselben Ergebniss führt die Bemerkung, dass durch isolirende Beschaffenheit des Organes die Dichte der von jener Säule erregten Strömung rings um das Organ vermehrt werde, wie dies in der Figur erhellt, wenn man die Einschränkung der mittleren Querfläche beachtet, welche rechts als Folge der Isolation erscheint.

Bedingung für die Zulässigkeit dieser Schlüsse ist allein, dass der Widerstand der Säule nicht gegen den des äusseren Raumes verschwinde. Diese Bedingung ist beim Zitterrochen um so sicherer erfüllt, als, wie wir sahen, das Organ, wenn am besten, immer noch erheblich schlechter leitet, als Seewasser.

Das Organ isolirt nun zwar nicht, allein die von uns erkannte irreciproke Leitung leistet, wie bemerkt, hier Aehnliches wie völlige Isolation. Die Stromfäden, auf deren Ablenkung in schlechter leitende Bahnen es ankommt, sind sämmtlich, wo sie das Organ treffen, vorwiegend heterodrom. Sie stossen also im Organ auf einen Widerstand, der praktisch dasselbe bewirkt, wie wenn das Organ isolirte. Vermöge der irreciproken Leitung findet das merkwürdige Verhalten statt, dass jede Säule ihren eigenen, homodromen Strom vergleichsweise gut leitet, den heterodromen Stromfäden aller übrigen Säulen aber den Weg versperrt, und da dies für alle Säulen gilt, so werden jene Stromfäden im Wesentlichen ebenso zu dem Umwege

um die Ränder des Organs gezwungen, als wenn das Organ aus nicht leitendem Stoff bestände. Der Strom aller Säulen, mithin der Gesammtstrom des Organes, nimmt in Folge davon im äusseren Raum an Dichte oder an physiologischer Wirkung zu.

Die so herbeigeführte Verstärkung des Schlages ist jedenfalls bedeutender, als die, welche sich aus der von den älteren Forschern vermissten isolirenden Beschaffenheit der seitlich das Organ bekleidenden Fascien ergeben würde, denn diese hätte nur die Ströme zwischen Punkten der Seitenflächen der Randsäulen abgeschnitten, nicht aber die heterodromen Stromfäden in ihrem Verlauf durch das Organ selber gestört. Sogar der isolirenden Beschaffenheit der Hülle der einzelnen Säulen ist die bestehende Einrichtung überlegen, denn solche Beschaffenheit würde zwar die Ströme zwischen Punkten der Seitenflächen aller Säulen nöthigen, ihren Weg der Säule entlang zu nehmen, sie würde aber der Rückkehr der Ströme von der Rücken- zur Bauchfläche auf kürzestem Wege durch die benachbarten Säulen nichts in den Weg stellen. Bei der Dünne der Bindegewebescheiden der Säulen fällt übrigens der durch sie, statt durch die äussere leitende Masse, sich abgleichende Theil der Strömung nicht in's Gewicht, so wenig wie der, welcher Nerven- und Blutgefässen folgt. Ganz besonderen Nutzen muss die Irreciprocität der Leitung den niedrigen Randsäulen des Organes bringen, in welchen die vereinten heterodromen Stromfäden der um zwei Drittel höheren medialen Säulen den eigenen homodromen, um ebenso viel schwächeren Strom sonst vielleicht grossentheils aufheben würden.

Bemerkt zu werden verdient, dass bei der Annahme zum Schlage sich ordnender dipolar elektromotorischer Molekeln in der elektrischen Platte, alles hier Gesagte ebenso gut auf die einzelne Molekel, wie auf die ganze Säule sich anwenden lässt. Bei dem verschwindenden Querschnitt der homodromen Strombahn in der Molekel fehlt es ihr, trotz der Kürze dieser Bahn, nicht an dem nothwendigen Widerstande, um die obigen Schlüsse auch für sie gerechtfertigt erscheinen zu lassen.

Durch die Irreciprocität der Leitung muss das die beiden Organe umgebende System von Stromcurven, von dessen Gestaltung in einer die Organe ungefähr hälftenden transversalen Ebene ich auf S. 104 der Ersten Mittheilung eine Vorstellung zu geben versuchte, nothwendig abgeändert werden; ich getraue mir aber noch nicht, Bestimmteres darüber zu äussern. Nur eins ist sicher: der zwischen den medialen Rändern beider Organe liegende Theil des Thieres, namentlich sein Centralnervensystem, wird nicht bloss nach wie vor auf der Bahn der stärksten Strömung sich befinden, sondern sogar von noch dichteren Stromcurven getroffen werden. Bei der nun doch feststehenden Immunität des Zitterrochen gegen elektrische Schläge (I. S. 103. 104) kann es auf den Unterschied nicht ankommen.

Das hier vom Zitterrochen Gesagte passt im Wesentlichen auch auf Zitteraal und Zitterwels. Beim Zitterwels zuerst erkannte ich die irreciproke Leitung des Organs, und in Dr. Sachs' Versuchen am Zitteraal fehlt es nicht an Spuren davon. Auch bei diesen Thieren wird die Undurchgängigkeit des Organes für heterodrome Ströme Verstärkung der Wirkung auf äussere Punkte zur Folge haben. Doch wird sie am meisten dem Zitterrochen zu statten kommen, da dieser Fisch wegen der guten Leitung des Seewassers gegen die elektrischen Süsswasserfische sehr im Nachtheil sich befindet.

Schon früher gelang es mir, bei den elektrischen Fischen überraschende Beispiele jener organischen Zweckmässigkeit aufzudecken, welche auch den strengen Anhänger mechanischer Causalität immer auf's Neue in Erstaunen setzen. Ich zeigte, wie die Gestalt der elektrischen Organe des Zitterrochen einerseits, des Zitteraales und des Zitterwelses andererseits dem verschiedenen Leitvermögen von See- und Süsswasser angepasst sei;[1] wie beim Wachsthum des Zitteraales und des Zitterrochen die Organe ihre Gestalt gerade in dem Sinne ändern, wie Süss- und Seewasser es erheischen;[2] wie auch die elektromotorischen Kräfte beider Fische allem Ermessen nach ungefähr so sich verhalten, wie Widerstände von See- und Süsswasser;[3] wie die positive Polarisirbarkeit des Organes durch schnell vorübergehende Stromstösse geeignet sei den Schlag zu verstärken, die negative durch Tetanisiren den Zweck erfülle, dass eine neue Entladung nahezu wieder von Null anhebe.[4] Ich bewies die den elektrischen Fischen und ihrer Brut unentbehrliche Immunität gegen elektrische Schläge. Endlich die merkwürdigen Wagner'schen Nervenbüschel im Organ des Zitterrochen schienen die Wirkung haben zu können, dass alle von der nämlichen Primitiv-Nervenfaser innervirten elektrischen Platten möglichst gleichzeitig in Thätigkeit treten.[5] Nur in einem Punkte verstanden wir die Anordnung der Zitterrochen-Organe nicht: die an die Sagittalebene grenzende Gegend des äusseren Raumes über dem Rücken des Thieres schien uns, obwohl gerade am meisten des Schutzes bedürftig, fortificatorisch gesprochen, ein todter Winkel sein zu müssen (I. S. 105. 106). Diesem Uebelstand ist nun unstreitig durch die irreciproke Leitung bis zu einem gewissen Grade abgeholfen.

Wie dem auch sei, das Beispiel innerer Zweckmässigkeit, auf welches wir jetzt geführt wurden, übertrifft an Sinnigkeit, so zu sagen, alle jene

[1] *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 696.

[2] *Untersuchungen* u. s. w. S. 14 ff.; — *Dies Archiv.* 1883. S. 252.

[3] *Untersuchungen* u. s. w. S. 411 ff.

[4] *Untersuchungen* u. s. w. S. 220.

[5] *Untersuchungen* u. s. w. S. 293.

früheren weitaus. Es hätte gewiss des tiefsten Nachdenkens eines guten Kopfes bedurft, um auf den Einfall zu kommen, jede Säule für ihren eigenen Schlag zu einem so guten Leiter zu machen, wie die sonstigen Eigenschaften thierischer Gewebe es gestatten, für den Strom aller anderen Säulen aber vergleichsweise zu einem Nichtleiter. Nicht am wenigsten witzig erscheint dabei, dass, da der Schlag der Zitterfische schnell vorübergeht, das Organ auch nur kurze Stromstösse irreciprok leitet. Was hätte es ihm genützt, wäre es auch für beständige heterodrome Ströme zu einem vollkommenen Nichtleiter geworden? [1]

§. XV. Die positive Polarisation in ihrer Abhängigkeit von der Dichte des polarisirenden Stromes. Ein Fall von relativ positiver Polarisation durch den heterodromen Strom.

Durch Feststellung der irreciproken Leitung ist für die Untersuchung der Polarisationserscheinungen im elektrischen Organ wenigstens nach einer Richtung hin eine bisher vermisste Grundlage gewonnen. Wir brauchen nicht mehr der relativ positiven Polarisation durch den homodromen Strom eine offenbar ganz sinnlose Stärke und eine mit ihrer späteren Nachhaltigkeit im Widerspruch stehende ebenso maasslose Flüchtigkeit in den ersten Augenblicken nach Oeffnung der polarisirenden Kette zuzuschreiben. Daraus dass auch bei längerem Schluss der homodrome Strom den heterodromen übertrifft, dürfen wir nun aber freilich nicht den Schluss ziehen, den wir in der Ersten Mittheilung, S. 133, für den Fall in Aussicht nahmen, dass es keine irreciproke Leitung gebe. Es giebt solche Leitung, folglich kann von ihr jene Ueberlegenheit herrühren, folglich beweist letztere noch nicht, dass die positive Polarisation und der Schlag verschiedene Vorgänge sind.

Vor Allem schien es geboten, die Abhängigkeit der absolut positiven

---

[1] In geschichtlicher Beziehung sei daran erinnert, dass merkwürdigerweise schon einmal die irreciproke Leitung mit dem Schlag der Zitterfische in Verbindung gebracht worden ist. Den ältesten bekannten Fall irreciproker Leitung boten P. Erman's unipolare Leiter, die Flamme, Seife, Eiweiss, andere thierische Stoffe in einem gewissen Grade der Trockniss dar. „Noch frage man mich nicht," sagt er in seiner etwas wunderlichen Sprache, „ob ich wohl am Ende zu glauben vermag, dass die erwähnte isolirende Eigenschaft der unipolaren Leiter . . . mit dem Mechanismus der Spontaneität der vorzugsweise sogenannten elektrischen Thiere einen denkbaren Zusammenhang habe. Ich kann diese Frage zur Zeit nicht beantworten, aber gestehen will ich, dass ihre Lösung mein Augenmerk bei dieser Untersuchung war." (Gilbert's *Annalen der Physik.* 1806. Bd. XXII. S. 44. 45; — vergl. *Gesammelte Abhandlungen* u. s. w. Bd. II. S. 669.)

Polarisation von der Stromdichte genauer festzustellen, über welche es mir am Schluss der Ersten Mittheilung noch an planmässigen Versuchen fehlte. Ich habe jetzt dergleichen in der Art angestellt, dass ich durch ein und dasselbe Praeparat einen Stromstoss von stets derselben Dauer, aber ausgehend von einer Grove'schen Säule schickte, deren Gliederzahl von I bis L wuchs und wieder abnahm. Die folgenden Zahlen geben ein Bild von dem Erfolge.

I.

4. Torp. — Frisch. — OS + 0.0102. — 1′-P.

SZ 0″·0764

	I	V	X	XX	XXX	L	XXX	XX	X	V	I	XX
S ↑	+ 500 + x	500 + x	250	250	—	315	125	41	10	— 3	0	+ 60
P	3·5	20	38	87	148	322	152	78	35	18	2·5	78

XXX	L
+ 43	+ 173
173	319.

Das, wie der starke Organstrom bekundet, sehr leistungsfähige Praeparat schlägt sichtlich die beiden ersten Male, durch den Strom von nur einem Grove erregt, und zeigt von da ab mit der Stromdichte regelmässig steigend und wieder sinkend, absolut und relativ positive Polarisation. Bei dreissig Gliedern findet eine Störung statt, welche aber die Brauchbarkeit der ganzen Reihe sonst nicht beeinträchtigt.

II.

Alles sonst wie in Reihe I. — OS + 0.0341.

	I ↑	I ↓	V ↓	X	XX	XXX
S	+ 3; + 3	— 12	{ — 5; — 3 { + 19; + 10	{ — 13 { + 22	{ — 7 { —	{ — 13 { + 9
P	3·5	2·5	15·5; 15	32	64	97

L	L ↑	X ↓
{ — 17 { + 15	+ 238	— 12
178	267	34

Die zweite Reihe habe ich vorzüglich deshalb hergesetzt, weil sie das oben S. 74 erwähnte, bisher freilich alleinstehende, aber doch scheinbar unanfechtbare Beispiel absolut negativer, relativ positiver Polarisation durch

den heterodromen Strom bietet. Das Auftreten dieser Polarisation ist um so bedeutungsvoller, als dem relativ positiven Hauptausschlag ein relativ negativer Vorschlag voraufgeht. Dies lässt schliessen, dass die relativ positive heterodrome Polarisation stets vorhanden ist, nur verdeckt durch die homodrome, relativ negative Polarisation.

Die erste Reihe zeigt in voller Ausprägung die Erscheinungen, wie sie in der Ersten Mittheilung, S. 132, in allgemeinen Ausdrücken geschildert wurden. Sie scheint der Annahme einer vom Schlage verschiedenen absolut und relativ positiven Polarisation durch den homodromen Strom das Wort zu reden. Doch fehlt es noch an einem ganz zuverlässigen Beweise für die Richtigkeit der einen oder der anderen Auffassung, wie als Ersatz für den im §. VI vergeblich angestrebten Erfolg öftere Wiederkehr des in der zweiten Reihe sich kundgebenden Verhaltens ihn liefern würde.

§. XVI. Von der doppelsinnigen Leitung in den elektrischen Nerven des Zitterrochen.

In den Versuchen der Ersten Mittheilung war über anderen Ermittelungen eine Frage unbeantwortet geblieben, welche zwar längst entschieden doch nicht zu oft zum Gegenstand erneuter Prüfung gemacht werden kann: die Frage nach der doppelsinnigen Leitung in den elektrischen Nerven, deren rein centrifugale Beschaffenheit sie zu einem unschätzbaren Versuchsgegenstande für diesen Zweck macht. Der erste Versuch, den ich an dem ersten Fisch (dem im Opisthotonus befindlichen) im vorigen Sommer anstellte, galt dieser Frage.

Mit 10 000 Windungen auf Null liess sich der schwache Strom der elektrischen Nerven sehr schön beobachten: stets gab sich die in der Ersten Mittheilung hervorgehobene stärkere Negativität des peripherischen Querschnittes zu erkennen. So erhielt ich an der ersten, kranken Torpedo von den Nerven

		I (links)	II	I (rechts)
mit peripherischem	Querschnitt	+ 0.00718	+ 0·00822	+ 0·00568
„ centralem	Querschnitt	— 0·00509	— 0·00568	— 0·00409
	Unterschied	+ 0·00209	+ 0·00254	+ 0·00159

in Raoult: Zahlen, welche sich den in der Ersten Mittheilung angeführten vollkommen anreihen. Bei späterer Gelegenheit versuchte ich auch nachzuweisen, dass die elektromotorische Kraft des zwischen zwei Querschnitten der elektrischen Nerven aufsteigenden Stromes — er mag der Axialstrom heissen — proportional der Länge des Nervenstückes wächst, doch gelang

mir dies noch nicht mit der wünschenswerthen Regelmässigkeit. Bei der Beobachtung des Axialstromes zwischen Längsschnittspunkten des unversehrten Nerven, die ich gleichfalls versuchte (vergl. I. S. 136), stiess ich auf die Schwierigkeit, dass, da die elektrischen Lappen ausgestanzt worden waren, die Negativität des oberen Querschnittes sich vorwiegend geltend machte. Man wird den Versuch an der nicht ihrer elektrischen Lappen beraubten Torpedo anstellen müssen, nur dass es dabei schwer sein wird, Störungen durch freiwillige oder reflectorisch ausgelöste Schläge zu vermeiden.[1]

Ich tetanisirte nun die Nerven der ersten Torpedo, an welchen bei dieser Gelegenheit die obigen Zahlen gewonnen wurden, mit dem Schlitteninductorium in Helmholtz'scher Anordnung. Die primäre Rolle war mit Stäben gefüllt; die Schläge wurden dem Nerven durch die Thonspitzen der unpolarisirbaren Röhren zugeführt. Die secundäre Rolle musste bis auf 30 ^{mm} genähert werden, um gute Schwankung im Betrage von 7—10 ^{sc} zu bekommen. Wiederholt wurde die Schwankung an demselben Nerven sowohl bei ab- wie bei aufsteigender Richtung der Reizung beobachtet, und so diese wichtige Lücke ausgefüllt.

Die Störungen, welche sich in den entsprechenden Versuchen der Ersten Mittheilung dargeboten hatten, traten dabei nur einmal hervor. Aehnliche Beobachtungen machte neuerlich auch Hr. Ewald Hering an Ischiadnerven vom Frosche,[2] so dass die Sache mit der Function der elektrischen Nerven wohl nichts zu thun hat, sondern darauf hinausläuft, dass durch die neuen Methoden an den früher nur in grossen Umrissen skizzirten Erscheinungen jetzt mancher feinere Zug erkennbar wird. Mit einem Thonphantom statt des Nerven blieb jede Wirkung beim Tetanisiren aus.

Darauf wurde an den elektrischen Nerven desselben Fisches auch noch der Elektrotonus beobachtet. Die Versuche wurden ganz wie bei der ersten Gelegenheit geleitet (I. S. 138. 139). Wie schon Prof. Christiani, sah auch ich nunmehr anelektrotonische und katelektrotonische Zuwachse nach beiden Richtungen sich ausbreiten, eine Beobachtung, die ich das erste Mal versäumt hatte, weil meine Aufmerksamkeit durch unerklärt gebliebene Störungen in Anspruch genommen war, welche sich mir, wie schon vorher

---

[1] Seitdem erschien in *diesem Archiv*, 1885, S. 380—399 eine in der physikalischen Abtheilung des physiologischen Instituts ausgearbeitete Abhandlung von Hrn. Dr. M. Mendelssohn „Ueber den axialen Nervenstrom", welche den Axialstrom an verschiedenen rein centrifugal oder centripetal wirkenden Nerven verfolgt.

[2] Beiträge zur allgemeinen Nerven- und Muskelphysiologie, 15. Mittheilung. Ueber positive Nachschwankung des Nervenstromes nach elektrischer Reizung. In den *Wiener Sitzungsberichten,* 1884. Bd. LXXXIX. S. 137 ff.

Prof. Christiani darboten. Auch jetzt machten sie sich wieder bemerkbar. Es erfolgten Elektrotonuszuwachse in falscher Richtung; nach Durchschneiden des Nerven blieben Wirkungen in richtigem Sinne und von ansehnlicher Stärke zurück. Weitere Versuche müssen über die Bedeutung dieser Unregelmässigkeiten entscheiden.[1]

§. XVII. Von den secundär-elektromotorischen Erscheinungen an den elektrischen Nerven des Zitterrochen.

An den elektrischen Nerven des zweiten Fisches suchte ich die Frage nach ihrem secundär-elektromotorischen Verhalten zu beantworten. Man erinnert sich aus der Abhandlung über die secundär-elektromotorischen Erscheinungen der Muskeln und Nerven, dass an den hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven vom Frosch die positive Polarisation durch den aufsteigenden Strom sehr regelmässig die durch den absteigenden übertrifft. Bezeichnet man die physiologische Wirkungsrichtung der Wurzeln auch hier als homodrom, die entgegengesetzte als heterodrom, so erfolgt also die positive Polarisation in homodromer Richtung stärker als in heterodromer. Dagegen ist an den vorderen Wurzeln der entsprechende Unterschied nicht so deutlich, und wenn er anfangs sich zeigt, verwischt er sich bald, d. h. die positive Polarisation im homodromen, hier absteigenden Sinne übertrifft nicht merklich oder nicht dauernd die im heterodromen, hier aufsteigenden Sinne.[2] Bei der grossen Schwierigkeit, die für diese Versuche an den Wurzeln aus der letzteren Kürze und Zartheit erwächst, erschien es in hohem Grade wünschenswerth, sie an den elektrischen Zitterrochen-Nerven zu wiederholen, welche allem Ermessen nach rein, oder fast rein centrifugal, von einer Länge und Dicke erhalten werden, wie sie in der dem physiologischen Versuche bisher zugänglich gewordenen Thierwelt sonst nicht vorkommen.

[1] In einer Abhandlung „über das doppelsinnige Leitungsvermögen der Nerven“ in der *Zeitschrift für Biologie* (Bd. XXII. N. F. S. 305—353) hat Hr. W. Kühne seinen bekannten Zipfelversuch vom Sartorius auf andere Froschmuskeln, den Reichert'schen Brusthautmuskel und den Gracilis, mit gewohntem Geschick übertragen. Er hat daran historisch-kritische Erörterungen geknüpft, die sich vielfach mit mir beschäftigen, und zum Theil darauf abzielen, die Meinung zu erwecken, dass der einst von mir auf elektrophysiologischem Wege zuerst erbrachte Beweis für die doppelsinnige Leitung nicht stichhalte, ja dass ich selber nicht mehr daran glaube. Auch beklagt sich Hr. Kühne wiederholt darüber, dass ich ihn bei Gelegenheiten nicht genannt habe, wo dies seiner Meinung nach am Platze gewesen wäre. Ich weiss nicht wer von uns beiden, Hr. Kühne oder ich, im Rufe peinlicherer litterarischer Gewissenhaftigkeit steht. Um einem erneuten Vorwurf der Art vorzubeugen, führe ich ihn jetzt hier an; näher auf seine liebenswürdigen kleinen Neckereien einzugehen, muss ich mir leider versagen, da ich meiner spärlichen Musse zu ernsteren Dingen bedarf.

[2] *Sitzungsberichte* u. s. w. 1883. Bd. I. S. 382—387; — *dies Archiv*, 1884. S. 40—45.

Ich gab in der Ersten Mittheilung, S. 134 an, dass sie leicht in einer Länge von 3—4 cm unverzweigt darstellbar seien, habe sie aber jetzt bis zu 55 mm lang, bei 2·5 mm Dicke, vor mir gehabt.

Die Nerven kamen in eine Rinne zu liegen, welche mit dem Dreikanter in ein nachmals gefirnisstes Stück Kork gefeilt war. An die beiden Querschnitte stiessen die Thonschilde der Zuleitungsbäusche des Säulenkreises. Die Thonspitzen der unpolarisirbaren Leitungsröhren lagen als Enden des Bussolkreises symmetrischen, den beiden Querschnitten nahen Längsschnittspunkten an. Dabei gab sich der Axialstrom mit einer Kraft von 0·00125 bis 0·00212, den oben S. 106 verzeichneten Unterschieden möglichst genau entsprechend, regelmässig zu erkennen. An der Bussole (*S*) befanden sich 10 000 Windungen auf Null, an der Bussole (*P*) 50 Windungen in 20 mm Abstand. Ich erhielt folgende Zahlen:

2. Torp. — Frisch. — 1′-P.

SZ 0″·0154

P	V	↓	—	X	↓	+ 2	XXX	↓	+ 4·5	↑	+ 9	↓	+ 5	↑	+ 7
S			1·5			5			18		18·5		18		18

SO″·0764 — Nur noch halbe Länge des Nerven.

								‖						
‖ ↓	+ 12·5	↑	+ 10	↓	+ 9	↑	+ 15	‖	↑	+ 14	↓	+ 10; 6	↑	+ 10; 9·5
	82		83		83		82·5	‖		162		164; 162·5		162; 163·5

SZ 1″·024

‖ ↓	— 20	↑	— 17	↓	— 20	↑	— 20
	1171		1079		1171		1063.

Da mit der halben Nervenlänge die Stärke des primären Stromes sehr nahe verdoppelt erschien (162·8 statt 165·2), war nicht etwa (ein Verdacht, den man hätte fassen können) die Stromdichte wegen des grossen Querschnittes des Nerven kleiner als in den Versuchen an sensiblen Wurzeln vom Frosch. Eine mehr entschiedene Verneinung der gestellten Frage konnte der Versuch nicht ertheilen. Doch liess ich mich dadurch von erneuten Bemühungen nicht abhalten, die jedoch keinen anderen Erfolg hatten. Diesmal wurden an der Bussole (*S*) 20 000 Windungen im Abstand Null gebraucht.

4. Torp. — Frisch. — 1′-P.

SZ 0″·0031 — Erster Nerv

									‖					
S	X	↑	+ 5	↓	— 4	↑	+ 5	↓	— 3 ‖	XX	↑	+ 5	↓	— 2
P			2		2		2		2 ‖			3·5		3

SZ 0″·0123

‖	↑ −7	↓ −1; −1	↑ −?; −0·5
		+3 +4·5	+5 +6
	10	10; 10	10; 10.

SZ 0″·0310

S XX P	↓ −?	↑ −?	↓ −?; −?	↑ −0·5
	+14	+10	+10·5 +7	+12
	22	22	21·5; 21·5	21·5.

	SZ 0″·0310		Zweiter Nerv	
S XXX P	↓ +15	↑ +16	↓ +7·5	↑ +17
	25·5	24	24	24.

Nach Beendigung dieser Versuchsreihe stellte sich heraus, dass an einer Stelle des Säulenkreises die Leitung schadhaft war; es war derselbe Fehler, welcher die oben S. 105 verzeichnete Störung verursacht hatte. Doch scheint es nicht, als ob dies im Geringsten dazu beitragen könne, das abermals vollständig verneinende Ergebniss abzuschwächen, und bei der Mannigfaltigkeit der versuchten Combinationen von Stromdichten und Schliessungszeiten ist kaum zu erwarten, dass spätere Erfolge Etwas daran ändern werden. Doch wird es Schuldigkeit sein, sich noch nicht dabei zu beruhigen, und besonders auch die Prüfungen auf andere Nerven von möglichst vollkommener physiologischer Gleichartigkeit ihrer Fasern auszudehnen.

Zur Wahrung der Priorität.

Von E. d. B.-R.

D_2 U_0 D_1 E_0 U_1 V_0 U_2 E_0 D_3 V_0 U_0 V_1 M_0 U_2 D_0 M_0 D_1 V_0 D_2 U_0 U_2 V_0 D_3 V_0 G_1
U_0 D_0 V_0 V_1 U_0 I_0 U_0 U_2 D_3 D_0 K_0 D_1 K_0 U_1 E_0 D_2 U_0 D_1 E_0 U_1 D_3 U_2 I_0 V_0 E_0
E_0 I_0 U_0 G_0 U_0 U_2 K_0 G_0 K_0 V_1 K_1 E_0 W_0 K_0 D_3 G_0 K_0 D_1 K_0 D_3 U_0 K_0 U_0 W_1 E_0
U_1 M_0 D_3 E_0 G_1 U_1 K_0 U_2 W_0 U_0 I_0 U_0 I_0 V_1

Notiz zu der unlängst von Hrn. E. du Bois-Reymond mitgetheilten neuen Beobachtung.

Von

Prof. Ernst Fleischl v. Marxow,
Assistenten am Wiener physiologischen Institute.

Hr. E. du Bois-Reymond veröffentlicht in dem soeben erschienenen Hefte seines *Archives*[1] eine von ihm im Anschlusse an einen Vortrag des Hrn. R. v. Helmholtz in der Berliner physikalischen Gesellschaft mitgetheilte, bisher noch nicht bekannte Methode zur Sichtbarmachung der ausgehauchten Luft in Form eines Nebelwölkchens, unter Umständen, welche das Entstehen einer Hauchwolke gewöhnlich ausschliessen, nämlich bei hoher Temperatur der Aussenluft, z. B. in sonniger Sommerluft. Die Methode besteht aus einer der Aushauchung unmittelbar vorhergehenden starken Compression der Luft im Respirationscavum bei völligem Verschluss der Communication des letzteren mit der Atmosphaere. Das Wesen der an derselben Stelle von Hrn. E. du Bois-Reymond gegebenen Erklärung dieser Erscheinung liegt in der Berücksichtigung der als Folge der Compression sich einstellenden Temperatursteigerung der Innenluft der Lunge, welche dann wieder Anlass wird zu einer erheblichen Vermehrung der zur Sättigung der solchermaassen überhitzten Lungenluft mit Wasserdampf erforderlichen Wasserquantität. Selbst die heisse, trockene Sommerluft ist dann genöthigt, einen Theil dieses Wasserquantums in Form einer Hauchwolke aus der Lösung fallen zu lassen.

Ich erlaube mir nun zu bemerken, dass sich die von Hrn. E. du Bois-Reymond für wesentlich erachteten Verhältnisse an einem sehr einfachen unorganischen Schema leicht reproduciren lassen, dessen Fähigkeit, in sehr heisser Luft gleichfalls Hauchwolken abzusondern, einem Beweis *a fortiori* für die Richtigkeit von Hrn. E. du Bois-Reymond's Erklärung gleichkommt.

Mein Schema ist im Vergleiche mit der, bei dem erwähnten Versuche functionirenden Menschenlunge einfacher in Folge des Wegfalles der ausser-

[1] Jahrgang 1886. S. 538.

ordentlichen Entwickelung der Feuchtigkeit abdunstenden Oberfläche, und scheint mir sogar noch dringender für die von Hrn. E. du Bois-Reymond als wirksamer Factor angerufene Temperatursteigerung durch Compression zu sprechen, als dies sein eigener Versuch vermag, weil in meinem Schema die verdunstende Wasserschichte ebenso wie die von ihr überzogene Wand von vornherein höchstens die Temperatur der Aussenluft, nicht aber die Temperatur einer Menschenlunge besitzt.

Mein ganzer Apparat besteht aus einer gewöhnlichen gläsernen Wundspritze, von welcher der den Hahn tragende Tubus abgeschraubt ist, so dass ihr unterer Abschluss bloss durch eine von einem grossen Loch central durchbohrte Querwand gebildet wird. In diese Spritze wird so viel Wasser eingefüllt, dass dieses, abgesehen von der zur theilweisen Benetzung der inneren Rohrwände erforderlichen Menge, den Kolben in einer wenige Millimeter hohen Lage bedeckt. Während der ganzen Verwendung der solchermaassen vorgerichteten Spritze zum eigentlichen Versuche bleibt der Handring derselben nach unten, die des Ansatzes beraubte vordere Schlussplatte, mit ihrer einstweilen noch freien centralen Bohrung aufwärts — die Spritze selbst also vertical gerichtet. In dieser Verfassung wird ihr ganzer Binnenraum, von dem wenigen darin befindlichen Wasser abgesehen, durch vollständiges Herunterziehen des Kolbens an die untere Schlussplatte, mit Luft — z. B. mit der in einem sehr stark geheizten Zimmer vorfindlichen — gefüllt. Dann verschliesst eine Fingerbeere der linken, den Stiefel der Spritze fest umklammernden Hand die obere Oeffnung hermetisch, während mit der rechten der Stempel möglichst tief in die Spritze eingetrieben wird, und zwar mit aller verfügbaren Kraft. An der eben erreichbaren Grenze angelangt, wird er von der rechten Hand sofort losgelassen, und kehrt nun theilweise, oder selbst ganz, in seine frühere Lage zurück, und nun wird ohne Verzug der Verschluss durch den Finger der linken Hand gelöst. Sowohl die Luft, die bei unvollkommener Rückkehr des Stempels dann von selbst aus dem Loch in der oberen Platte austritt, als auch die durch rasches Vorschieben des Kolbens aus dem Inneren der Spritze durch das Loch ausgetriebene Luft bildet hierbei oberhalb desselben schöne deutliche Nebel oder Hauchwolken. Etwa die Bemerkung ausgenommen, dass bei einzelnen Theilen des Phaenomens eine, kurze Zeit andauernde Uebersättigung von Luft durch Wasserdämpfe mit in die Vorgänge sich einzumischen scheint, braucht den Erläuterungen, mit denen Hr. E. du Bois-Reymond seine Darstellung des Exspirationsversuches ausgestattet hat, und durch welche er seine Beobachtung, und implicite die jetzt vorgetragene Erscheinung erklärt hat, weiter nichts hinzugefügt zu werden.

Wien, 27. September 1886.

Zur Theorie der Gesichtsempfindungen.

Von

J. v. Kries.

Die Veranlassung zu den nachstehenden Zeilen hat mir eine jüngst erschienene Arbeit von Hering, „Ueber Newton's Gesetz der Farbenmischung"[1] gegeben.

Zunächst habe ich es mit grosser Freude zu begrüssen, dass die experimentellen Ergebnisse zweier meiner Arbeiten von Hering auf Grund eigener Versuche in vollem Umfange bestätigt, nicht minder, dass dieselben als bedeutungsvoll für eine Theorie der Gesichtsempfindungen gewürdigt werden. In der ersteren dieser Arbeiten[2] habe ich den Satz aufgestellt: Verschieden zusammengesetzte Lichter, welche dem unermüdeten (neutral gestimmten) Auge gleich erscheinen, erscheinen auch dem irgendwie ermüdeten (umgestimmten) Auge gleich. In der zweiten[3] wurde gezeigt, dass wenn die physiologische Wirkung zweier (objectiv verschiedener) Lichtgemische gleich ist, diese Gleichheit bestehen bleibt, wenn die Intensität sämmtlicher Lichter in demselben Verhältniss vermehrt oder vermindert wird. Die Bestätigung beider Sätze durch Hering ist mir um so erfreulicher, als bezüglich des ersteren bisher ausser den meinigen noch gar keine Versuche vorlagen, die Giltigkeit des zweiten früher meist als selbstverständlich vorausgesetzt, neuestens aber bisweilen bezweifelt worden ist.[4]

---

[1] *Lotos.* VII. 1886.

[2] Beitrag zur Physiologie der Gesichtsempfindungen. *Dies Archiv.* 1878. S. 503.

[3] v. Kries und Brauneck, Ueber einen Fundamentalsatz aus der Theorie der Gesichtsempfindungen. *Dies Archiv.* 1885. S. 79.

[4] Grassmann sowohl als Helmholtz haben, wie keinem Zweifel unterliegt, dieses Verhalten in dem weit allgemeineren Satze, dass gleich aussehende Lichter gemischt (zusammengefügt) gleich aussehende Mischungen geben, *implicite* mitbehauptet, was Hering (a. a. O. S. 66 u. 67 des Separatabdruckes) zu übersehen scheint. Ich

Aus der ersteren jener Thatsachen habe ich einen Einwand gegen die Hering'sche Theorie der Gesichtsempfindungen hergeleitet. Da ich nicht voraussetzen kann, dass derselbe allen meinen Lesern gegenwärtig ist, so erläutere ich denselben an einem Beispiel, bezüglich der allgemeinen Darlegung auf die frühere Abhandlung verweisend. Es möge einerseits ein aus Roth und Grün gemischtes, andererseits ein aus Gelb und Blau gemischtes Weiss gegeben sein, welche dem unermüdeten Auge genau gleich erscheinen. Lassen wir dieselben auf ein roth-ermüdetes Auge einwirken, so muss das erstere Gemisch wegen der Umstimmung der rothgrünen Sehsubstanz lebhaft grün erscheinen; nicht so das zweite, da das gelbe und blaue Licht auf die rothgrüne Substanz überhaupt nicht wirkt. Die Hering'sche Theorie führt also zu der Folgerung, dass die beiden Gemische dem roth-ermüdeten Auge ungleich erscheinen, was nicht der Fall ist.

Gegenwärtig sagt nun Hering, dass er zu diesem Einwande allerdings durch die Art seiner Darstellung Veranlassung gegeben habe, seine Theorie aber in einer Weise aufzufassen sei, welche meinen Einwand ausschliesst. Ich lasse dahingestellt, ob es sich in der That damals um ein durch die Darstellung bedingtes Missverständniss oder vielmehr jetzt um eine tiefgreifende Modification der Theorie handelt,[1] und begnüge mich darauf aufmerksam zu machen, wie grosse Unwahrscheinlichkeiten diese jetzt erst zur Erörterung gekommenen resp. hinzugefügten Punkte enthalten, was die Hering'sche Darstellung nicht mit der wünschenswerthen Deutlichkeit erkennen lässt. Wir werden nämlich jetzt aufgefordert uns vorzustellen, dass das gelbe und blaue Licht für die roth-grüne Sehsubstanz, das rothe und grüne für die gelb-blaue nicht wirkungslos sei, sondern vielmehr gleich starke Dissimilations- und Assimilationsreize darstelle. Die Theorie

selbst habe dieses dritte der sogenannten Grassmann'schen Gesetze ebenfalls so interpretirt (*Die Gesichtsempfindungen und ihre Analyse.* S. 172.) und dasselbe auch schon in der jetzt von Hering als vorzüglicher betonten Form ausgesprochen, dass die Mischungsgleichungen addirbar sind.

[1] In der That hat Hering früher stets gesagt, dass das gelbe und blaue Licht auf die rothgrüne Substanz gar nicht wirke. Im Sinne seiner jetzigen Auffassung ist dies nicht richtig, auch nicht wie Hering jetzt (a. a. O. S. 78) behauptet, für die neutralgestimmte Sehsubstanz; sondern es soll vielmehr das gelbe Licht für die rothgrüne Substanz ein gleich starkes dissimilirendes und assimilirendes Moment setzen. Es ist schwer begreiflich, wie Hering sagen kann, dass in einem solchen Falle die beiden entgegengesetzten Momente sich aufheben und das fragliche Licht ohne Wirkung auf die betreffende Substanz bleibt. Da wir nach Hering anzunehmen haben, dass stets gleichzeitig Dissimilation und Assimilation stattfinde und er auch seine Theorie ausdrücklich von einer, welche positive und negative Valenzen annimmt, unterscheidet, so wird doch zu erwarten sein, dass das gelbe Licht in der neutral gestimmten rothgrünen Substanz sowohl die Dissimilations- als die Assimilationsvorgänge hervorrufe oder steigere, also keineswegs wirkungslos bleibe.

ist also zunächst um die Vorstellung bereichert, dass ein Licht auf eine bestimmte Sehsubstanz zwei entgegengesetzte Wirkungen gleichzeitig ausübe! Diese Vorstellung reicht aber noch nicht aus, sie bedarf vielmehr einer noch genaueren quantitativen Bestimmung. Es muss nämlich angenommen werden, dass wenn zwei Lichter gleich erscheinen, stets jede der im Sehorgane enthaltenen Componenten von dem einen und anderen Lichtgemisch gleich stark afficirt werden, oder wie es Hering ausdrückt, dass beide Lichter allemal genau dasselbe „Urvalenzgemisch darstellen, sowohl in Betreff der Verhältnisse, in welchen die Urvalenzen gemischt sind, als auch in Betreff des Werthes jeder einzelnen Urvalenz.“ Die Hering'sche Theorie nimmt nun an, dass es fünf Urvalenzen gebe, nämlich ein Dissimilationsmoment für die schwarz-weisse Sehsubstanz, ich bezeichne es für den Augenblick mit $D_{s.w}$, ferner je ein Dissimilations- und ein Assimilationsmoment für die rothgrüne und die gelbblaue Sehsubstanz, welche mit $D_{r.gr}$ und $A_{r.gr}$ $D_{g.bl}$ und $A_{g.bl}$ bezeichnet werden sollen. Zwei Lichtgemische sind nun für die Empfindung aequivalent (bei neutral gestimmtem Auge), wenn in ihnen übereinstimmt erstens der Werth $D_{s.w}$, zweitens und drittens die Differenzen $D_{r.gr} \cdot A_{rgr}$ und $D_{g.bl} \cdot A_{g.bl}$. Wenn hiermit stets die Gleichheit aller vier Werthe $D_{r.gr}$, $A_{r.gr}$, $D_{g.bl}$ und $A_{g.bl}$ verbunden sein soll, so ist erforderlich, dass zwischen den fünf Urvalenzen zwei Bedingungsgleichungen bestehen, welche für alle Lichtwellenlängen gleichmässig erfüllt wären. Hierdurch würde dann in der That trotz des Bestehens von fünf Urvalenzen die Gesammtheit thatsächlich möglicher Gemische auf eine nur dreifach bestimmte Mannichfaltigkeit reducirt. Es müsste z. B. angenommen werden, dass die Werthe $D_{r.gr} + A_{r.gr}$ und $D_{g.bl} + A_{g.bl}$ genau dieselbe Function der Wellenlänge wären wie der Werth D_{sw}. Es bedarf aber kaum des besonderen Hinweises, wie ausserordentlich künstlich und unwahrscheinlich eine solche und jede ähnliche Annahme ist. Sie ist dies etwa ebenso und aus demselben Grunde, wie dass es zwei Substanzen geben sollte, welche, chemisch verschieden, gleichwohl beide völlig genau dasselbe complicirte Linienspectrum gäben. Ich muss dem Gesagten zufolge auch dagegen Einspruch erheben, wenn Hering die allgemeine formulirte Folgerung, welche ich damals an meine Versuche knüpfte, widerlegt zu haben vorgiebt, und muss dieselbe ganz genau wie ich sie damals ausgesprochen, auch jetzt aufrecht erhalten. — Ich habe gesagt, die Thatsache, dass zwei objectiv verschiedene Lichter, die für das unermüdete Auge gleich sind, dies auch für das irgendwie ermüdete Auge bleiben, ergäbe sich bei der Annahme von drei Componenten mit unmittelbarer Nothwendigkeit; bei der Annahme von mehr Componenten erschiene es dagegen im Allgemeinen möglich, dass zwei anfangs gleich erscheinende Lichter durch Aenderungen der Erregbarkeit ungleich werden. Hering sagt gegen-

wärtig, die Unrichtigkeit dieser Behauptung liege zu Tage; denn bei keiner der angeführten Theorien könne es vorkommen, dass zwei Lichter einander ganz gleich erscheinen, welche nicht beide genau dasselbe Urvalenzgemisch darstellen. Ich bekenne, den Sinn dieser Widerlegung nicht zu fassen. Bei jeder Theorie, die mehr als drei Componenten oder Urvalenzen annimmt, kann das eben sehr wohl vorkommen; und bei derjenigen Theorie, welche seit dem Jahre 1874 bis vor Kurzem für die Hering's gehalten werden musste, kam es doch thatsächlich vor. Auch gegenwärtig sind es ganz ausschliesslich die eben damals von mir mitgetheilten Erscheinungen der Ermüdung, welche jede Theorie zwingen, die Möglichkeit dieses Vorkommnisses irgendwie auszuschliessen. Eine Theorie, welche drei Componenten annimmt, ergiebt den in Rede stehenden Satz mit Nothwendigkeit, und lässt die betreffende Thatsache völlig verständlich erscheinen. Eine Theorie, welche mehr als drei Componenten annimmt, thut das nicht; sie muss vielmehr, wie soeben an der Hering'schen gezeigt wurde, durch gewisse *ad hoc* gemachte und sehr unwahrscheinliche Annahmen ergänzt werden. Das stimmt mit den damals von mir aufgestellten allgemeinen Folgerungen genau überein. Ich habe auch damals nicht behauptet, dass jede Theorie von mehr als drei Valenzen durch das mehrerwähnte Verhalten direct widerlegt werde, sondern nur, dass sie dasselbe nicht verständlich mache, vielmehr ein anderes Verhalten im Allgemeinen als möglich erscheinen lasse; in den „*Gesichtsempfindungen* u. s. w.“ habe ich sogar ausdrücklich hinzugefügt: „ob eine andere Theorie, welche mehr als drei Componenten annimmt, diesen Widerspruch würde vermeiden können, lässt sich nicht ohne Weiteres angeben.[1]

In § 34 rügt Hering die Verwechselung der Empfindung mit ihrer physikalischen Ursache und führt als Beispiel einer solchen auch einen aus meinen „*Gesichtsempfindungen*“ entlehnten Satz an. Ich will deswegen über diesen vielerörterten Punkt noch Einiges hinzufügen. Bei der Darstellung der sogenannten Farbentafel handelt es sich zunächst um eine systematische Darstellung sämmtlicher Lichtgemische, welche verschiedene Gesichtsempfindungen geben und um eine constructive Veranschaulichung der Mischungsergebnisse. Eine solche Darstellung liefert nothwendig zugleich eine Uebersicht der Gesichtsempfindungen. Hering betont nun, dass diese keine nach subjectiven Principien geordnete seien, indem z. B. oft der objectiven Zunahme der Intensität eine Veränderung sowohl der Helligkeit als des Farbentones und der Sättigung in subjectivem Sinne entspreche. Thatsächlich lässt sich aber doch nicht leugnen, dass wenigstens innerhalb gewisser Grenzen mit grosser Annäherung jede der drei objectiv definirten Veränderungsweisen eines Lichtes eine von den drei subjectiv definirten Ver-

[1] A. a. O. S. 112.

änderungsrichtungen der correspondirenden Empfindung bewirkt. Wiewohl also die Newton'sche Farbentafel construirt und erörtert werden kann ohne jede Rücksicht auf eine nach subjectivem Principe geordnete Systematik der Empfindungen, so wird man doch, da sie thatsächlich zugleich mit einer grossen Annäherung eine solche ist, schwerlich darauf verzichten, sich dieses Umstandes zu bedienen, welcher es in hohem Maasse erleichtert, die Farbentafel zu beschreiben und in das Gedächtniss einzuprägen.

Richtig und allbekannt ist nun, dass die erwähnte Correspondenz keine ganz genaue ist; es ist demzufolge der auch sonst ganz allgemeine Gebrauch, mit demselben Worte gewisse objective Verhaltungsweisen sowohl als die durch sie hervorgerufenen Empfindungen zu bezeichnen, hier nicht in völlig einwurfsfreier Weise durchzuführen. Wenn wir z. B. sagen, dass zwei Lichter von gleichem Farbenton seien, so ist es unter Umständen nothwendig, hinzuzufügen, ob dies in objectivem oder in subjectivem Sinne gemeint sei. Ob diese Discrepanz so gross, und die Nothwendigkeit diesem Unterschiede Rechnung zu tragen so häufig ist, dass eine Trennung der Benennungen erforderlich wird, darüber kann man wohl sehr verschiedener Meinung sein. Jedenfalls aber handelt es sich hier um gar nichts weiter als eine Frage mehr oder weniger zweckmässiger Nomenclatur. Und ich möchte betonen erstlich, dass ein genaues Zusammentreffen nie behauptet oder irgend einer Schlussfolgerung zu Grunde gelegt worden ist; zweitens, dass wo die Ausdrücke Farbenton, Sättigung und Helligkeit gebraucht worden sind, sie entweder sowohl in dem einen als in dem anderen Sinne zu verstehen und richtig sind, oder aber es aus dem Zusammenhange in völlig unzweideutiger Weise hervorgeht, was gemeint ist, so z. B. wenn wir von der Abnahme der Sättigung bei herabgesetzter Beleuchtung, von der Aenderung des Farbentones im indirecten Sehen sprechen u. dgl.

Es scheint mir nicht erforderlich, weitere Erörterungen über die Theorie der Gesichtsempfindungen hier anzuschliessen, um so weniger, da ich zu hoffen wage, dass man die der Hering'schen Theorie eigenthümliche Auffassung der unmittelbaren Lichtwirkungen in Bälde allgemein verlassen wird. Diese Hoffnung gründe ich auf folgende Thatsachen. Dem Einwande, welchen ich auf Grund der Ermüdungsversuche gegen die Hering'sche Theorie erhoben habe, kann, wie die obige Darstellung zeigt, die neuerliche Ausführung der Theorie nur durch Annahmen entgehen, welche schon genügen, um sie fast unannehmbar zu machen. Mehrere andere Einwände, welche sich mir auf Grund einer vollständigen Uebersicht der Thatsachen ergaben,[1] hat Hering bis jetzt einfach mit Stillschweigen übergangen; ich erinnere hier nur daran, dass wenn ein blaues und ein

[1] *Gesichtsempfindungen* u. s. w. S. 162.

rothes Licht uns den Eindruck gleicher Helligkeit machen, sie das nicht mehr thun, wenn man die Intensität beider in gleichem Verhältniss vermehrt. Schon diese einfache Thatsache ist mit Hering's Vorstellungen absolut unvereinbar. Die Erscheinungen der angeborenen Farbenblindheit gestatteten bis vor Kurzem keine ganz sichere Deutung, da es fraglich war, ob die Componenten der Farbenblinden mit solchen des farbentüchtigen Auges hinlänglich genau übereinstimmten. Was sich damals auf Grund der Untersuchungen Holmgren's sowie der von Küster und mir schon sehr wahrscheinlich machen liess, die Existenz zweier getrennter Classen von Farbenblinden, von welchen die eine im Sinne der Helmholtz'schen Theorie Rothblinde, die andere Grünblinde sind: das ist durch die neuesten Untersuchungen König's und Dieterici's in einer jeden Zweifel ausschliessenden Weise bestätigt worden.[1] Es kann hiernach keinem Zweifel unterliegen, dass in irgendeinem Theile des Sehorgans die von der Young-Helmholtz'schen Theorie angenommene Gliederung der Componenten besteht.

Hierzu kommt ein Weiteres: es scheint mir auf einer völligen Verkennung zu beruhen, wenn Hering nach einer systematischen Uebersicht einer grösseren Anzahl von Theorien sagt, dass sie alle „zum Mindesten ebensoviel leisten, wie die von Young-Helmholtz, und die begünstigte Stellung, welche die letztere in der Literatur einnimmt, sich nur auf ein Gewohnheitsrecht gründen lasse".[2] Ein Hauptvorzug der Young-Helmholtz'schen Theorie (im Vergleich mit beliebigen anderen Componenten-Theorien) besteht meines Erachtens darin, dass sie die Wirkungen des Lichtes so auffasst, wie wir sie in der Photochemie thatsächlich kennen. Wir haben uns eine Anzahl Effecte vorzustellen, welche durch die Einwirkung des Lichtes hervorgerufen werden; die Intensität eines jeden Effects nimmt mit der Intensität des einwirkenden Lichtes zu und hängt ausserdem von der Wellenlänge desselben ab. Dagegen wird nicht angenommen, dass gewisse Lichter eine bestimmte Zersetzung, andere die entsprechende Synthese bewirkten, wofür, so viel ich weiss, die Photochemie kein Beispiel kennt. Seit der Entdeckung der chemischen Wirkungen des Lichts auf die Netzhaut drängt sich daher fast mit Nothwendigkeit die Anschauung auf, dass eine Anzahl verschiedener lichtempfindlicher Substanzen in der Netzhaut enthalten sind und dass ihre Zersetzungen die Componenten der Young-Helmholtz'schen Theorie darstellen.[3] Gehen wir von dieser Vorstellung

[1] König und Dieterici, Die Grundempfindungen u. s. w. *Sitzungsberichte der Berliner Akademie.* 1886.

[2] A. a. O. S. 82.

[3] Ich habe diese Ansicht in den „*Gesichtsempfindungen* u. s. w." (S. 159 und 165) schon vor vier Jahren ausgesprochen; gewiss hat sich dieselbe auch vielen anderen aufgedrängt; so neuerdings W. v. Bezold (Ueber die Herstellung des Farbendreieckes durch wahre Farbemischung. Wiedemann's *Annalen.* Bd. XXVI. S. 390).

aus, so werden wir auf den Verbrauch und Wiederersatz jener Stoffe die Ermüdung und Erholung des Auges zurückzuführen geneigt sein,[1] und es ergiebt alsdann der oben besprochene Satz (abgesehen von vielen anderen Thatsachen) die Dreizahl der Componenten.

In dieser unmittelbaren Anlehnung an bekannte Thatsachen ist, wie mir scheint, der Hauptvorzug der Helmholtz'schen Theorie zu erblicken. Sie ist bei der hier skizzirten Auffassung nicht veranlasst, uns bestimmte Vorstellungen über die Vorgänge im Nervus opticus oder in der Hirnrinde zu octroyiren. Dass wir über diese, namentlich die letzteren, uns nur äusserst allgemein gehaltene Vermuthungen bilden können, wenn wir nicht den festen Boden des Bekannten völlig verlieren wollen, habe ich früher gezeigt, und das damals Gesagte entspricht, wie ich glaube, noch völlig dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens.[2]

---

[1] v. Kries, a. a. O. S. 160 und 163. — v. Bezold, a. a. O. S. 406.

[2] Es hat sich eigentlich in neuerer Zeit nur in einem hier zu erwähnenden Punkte die Sachlage geändert. Die Meinung, dass in den Nervenfasern zwei entgegengesetzte Vorgänge ablaufen können, welche im Centralorgan zwei verschiedene und sich ausschliessende Empfindungen bewirken: diese Meinung schien damals eine Stütze durch die Verhältnisse des Temperatursinnes zu finden. Die neueren Untersuchungen über den Tastsinn haben wahrscheinlich gemacht, dass sowohl in den Endapparaten als in den Leitungsbahnen eine vollständige Unabhängigkeit der der Wärme- und der Kälteempfindung dienenden Apparate stattfindet. Hiernach wird man sagen müssen, dass Hering's Theorie der Gesichtsempfindung in den Thatsachen der allgemeinen Nervenphysiologie gegenwärtig noch weniger als früher eine Stütze findet.

Pulsfolge und Blutdruck nach der Durchschneidung der Nervi vagi.

Von

Dr. E. Münzel.

(Aus dem physiologischen Institute zu Leipzig.)

In einer Reihe von Schriften[1] wird von den Aenderungen gehandelt, welche in der Pulsfolge und im Drucke des Arterienblutes hervortreten, nachdem die Nn. vagi am Halse des im Uebrigen unversehrten und unvergifteten Thieres durchschnitten sind. Alle Beobachter, wie verschiedener Meinung sie auch über die Stellung der Vagi zum Herzen sind, stimmen darin überein, dass sich wenige Secunden nach der vollendeten Durchschneidung beider Nerven die Pulsfolge beschleunigt und der arterielle Druck emporgehoben hat. Nach und während einer gemessenen Zeit erreichen und behaupten beide Steigerungen ihr Maximum, dann aber geht der Druck und die Pulszahl wieder zurück, doch beide in ungleicher Weise. Der Druck wurde, als 4 bis 60 Minuten seit der Durchschneidung verflossen waren, wieder auf einer vordem vorhandenen Höhe angetroffen, später sogar auf einer niederen; die Pulsfolge dagegen hatte dann zwar ebenfalls eine Einbusse an ihrer Beschleunigung erlitten, aber stets blieb sie eine raschere als vorher; zum Beispiel mag ein der Dissertation von E. Lenz angehörige Zahlenreihe — von einem Kalbe entnommen — dienen.

[1] Traube, *Gesammelte Abhandlungen.* Bd. I. S. 359. — Bernard, *Prager medicinische Vierteljahrsschrift.* 1853. Bd. X. — E. Lenz, *Experimenta de ratione pulsus etc.* Dorpat 1853. — Brown-Séquard citirt von H. Nasse, *Archiv für wissenschaftliche Heilkunde.* Bd. II. — v. Bezold und Blocbaum, *Untersuchungen aus dem Laboratorium zu Würzburg.* 1867. Hft. I. S. 371. — Rutherford, *Journal of physiology.* 1869. — Pawlow, Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XX. — Moleschott, *Beiträge zur Naturlehre.* 1873. — de Jager, *Journal of physiology.* Bd. VII. — François Frank, in Marey's *Travaux etc.* t. IV. p. 298.

	Pulszahl in der Minute.	In 5 Sec.	Druck in der A. carotis.
Vor der Durchschneidung der Nn. vagi . . .	98	8	156 mm Hg
Alsbald nach der Durchschneidung der Nn. vagi	185	15·4	204 „
Später	128	10·7	176 „
Noch später	157	13·1	134 „

So lange man den Vagus nur als einen Ordner der Pulsfolge ansah, begnügte man sich mit der Annahme, dass seine Durchschneidung entweder eine vorübergehende Erregung oder die Lähmung eines bisher wirksamen Tonus bedinge. Wie wenig die eine oder die andere Vorstellung zur Erklärung der gesammten Reihe der Erscheinungen ausreicht, leuchtet ein. — Einen Schritt vorwärts bahnte die von Rutherford ausgesprochene Annahme, welche die Beschleunigung der Pulsfolge aus der Loslösung des Herzens von dem Einflusse des verlängerten Markes, die Erhöhung des Druckes dagegen von einem veränderten Zustand der Blutgefässe in der Unterleibshöhle ableitete. Zu der Ueberzeugung, dass die beiden auffälligen Folgen des Nervenschnittes von einander unabhängig seien, war er durch Beobachtungen an nüchternen und gefütterten Hunden gelangt. Stets rief die Zerschneidung beider Vagusstämme die Beschleunigung des Herzschlages, aber nur bei den verdauenden Thieren die Erhöhung des Druckes hervor. Pawlow, der die Angaben Rutherford's eingehend prüfte, zeigte später, dass die Druckerhöhung von dem Zustande der Verdauung unabhängig sei; sie trat bei nüchternen und verdauenden Hunden ein. Er bestätigte jedoch die Unabhängigkeit der Aenderungen des Druckes von denen der Pulsfolge, und zwar dadurch, dass er seine Thiere vor dem Eingriff in die Bahnen der Nerven mit Atropin vergiftete. Nach dieser Vorbereitung bedingte der Vagusschnitt nur noch Steigerung des Druckes in der bekannten Weise, die Pulsfolge blieb dagegen vor wie nach dieselbe.

Durch Hrn. Professor C. Ludwig mit dem gegenwärtigen Stand der Thatsachen und Erklärungsversuche bekannt gemacht, entschloss ich mich zu dem Unternehmen durch neue Beobachtungen unsere Einsicht in den Vorgang nach Kräften zu fördern.

Allem Anderen voraus war zu ermitteln, ob die Gruppe von Erscheinungen, welche nach der Durchschneidung der Nn. vagi auftritt, auch dann sichtbar wird, wenn vor der Trennung der Nerven die des Rückenmarkes vom Gehirn stattgefunden hat. Sollte für ihre Entstehung die Fortdauer der Einwirkung des Gehirns auf das Rückenmark gleichgiltig sein, so würde das Versuchsfeld wesentlich dadurch eingeengt, dass nun die reflectorische Erregung ausser Betracht fiele, in welche die aus dem Rückenmark hervorgehenden Vasomotoren versetzt werden, vermöge des mit der Verletzung der Nn. vagi nothwendig verbundenen Reizes. Thatsächlich hat sich ergeben,

dass zwischen den Folgen kein Unterschied bemerkbar ist, ob die Durchschneidung der Vagi vorgenommen wird bei bestehendem oder nach aufgehobenem Zusammenhang des Rückenmarkes mit dem Hirn. Der beweisende Versuch gestaltet sich sehr einfach.

An dem unvergifteten Hund wird nach bekannten Angaben zuerst das Rückenmark innerhalb des zweiten Halswirbels durchschnitten. Bei der Vornahme der Operation ist auf die möglichste Ersparung des Blutes zu achten. Das Messer umgehe sichtbare Gefässe; jede etwa eingetretene Blutung muss durch Unterbinden, oder wenn dieses unmöglich, durch Tamponiren mit Eisenwolle bald gestillt werden. Zur Eröffnung des Wirbelcanales dient am besten die Trepanirung des zweiten Wirbelbogens; von dem hergestellten Loch aus wird mit der Zange der Knochen soweit entfernt, bis die Dura deutlich vorliegt. Nachdem letztere sorgfältig hervorgehoben und eingeschnitten ist, wird durch eine scharfe Scheere das Mark getrennt; die Schnittfläche sei eine möglichst glatte. Die Knochenwunde, aus der nach Abfluss des Cerebrospinalwassers kein Blut hervortreten darf, wird mit einem Bausch aus Verbandwolle bedeckt und darüber die Muskel- und Hautwunde sorgfältig vernäht.

Nachdem das Thier, in dessen Trachea und Carotis schon vorher Canülen eingesetzt waren, in die Rückenlage gebracht ist, wird eine Bestimmung des arteriellen Druckes vorgenommen, je früher nach der vollendeten Durchtrennung des Markes um so besser. Indess sind auch die schon behutsam aufgesuchten Vagi zur Zerschneidung vorbereitet; je nach der Absicht des Versuches werden beide rasch oder nach längeren Zwischenzeiten durchschnitten.

Uebersichtlich geordnet lasse ich sogleich die Ergebnisse dreier Versuche folgen, welche, wie alle später zu erwähnenden, am Hunde angestellt sind. Im ersten Stabe stehen die Angaben über die vorgenommenen Operationen; im zweiten die fortlaufenden Zeiten nach Secunden. Die vordere Zahlenreihe giebt die Zeit vom Anfang der Druckmessung in der A. carotis, die hintere beginnt die Zählung mit der vollendeten Durchschneidung beider Nn. vagi. Im dritten Stabe sind die Schwankungen des Mitteldruckes während der voranstehenden Zeit eingesetzt, in dem letzten finden sich die während je fünf Secunden gezählten Pulse. (Folgende S.)

Von den mehrfachen Erscheinungen, die in den Zusammenstellungen einen Ausdruck gefunden haben, hebe ich zunächst die Pulszahlen hervor. Nach der Durchschneidung des Halsmarkes nehmen sie häufig Werthe an, die, weil sie beim Hund nur während einer Erregung des Vagus zu Tage treten, auch hier auf den Bestand einer solchen schliessen lassen. Ihre Ursache werden wir, da der Blutdruck gesunken ist, nur in dem Reize suchen dürfen, der von der Schnittfläche des centralen Markstumpfes aus-

Bemerkungen	Fortlaufende Zeit		Schwankungen des Druckes in der A. carotis	Schwankgn. der Pulszahl
Nach Durchschneidung des Rückenmarkes . . .	0 bis 710 Sec.		109 bis 88 mm Hg	6 und 7
Nach Durchschneidung des rechten N. vagus . .	bis 725		89 bis 101	7
des linken N. vagus . .	bis 740	0	84 bis 111	12
	bis 760	20	111 bis 129	17
	bis 1045	305	129 bis 212	17 und 19
	bis 1715	975	212 163 203 168	19, meist 18
	bis 1920	1180	175 141	18 17 16
	bis 2120	1380	150 120	16
	bis 5140	4400	37 36	10
	bis 5940	5200	37 28 37	anfg. 10, dann 9

Nach Durchschneidung des Rückenmarkes . . .	0 bis 90 Sec.		60 bis 53 mm Hg.	10·2 und 10·8
	390 bis 450		36 bis 34	9·8 und 8·7
Rechter Vagus durchschn.	bis 460		34	9
Gerinnung	bis 685			
Linker Vagus durchschn.	bis 705	0	35 bis 70	3 und 5
	bis 725	20	82 bis 134	6 10 21
	bis 745	40	139 bis 134	22 21 20
	bis 765	60	128 bis 101	19 20 18
	bis 785	80	101 bis 82	19 17 15
	bis 805	100	75 bis 69	14 13
	bis 825	120	66 bis 63	12 13 10 11
	bis 850	145	61 bis 66	10·5—11

Nach Durchschneidung des Rückenmarkes . . .	0 bis 520 Sec.		114 und 112 mm Hg	4·7 und 5·7
Gerinnung	bis 820			
	bis 1015		107 bis 97	7·0 bis 6·7
Rechter Vagus durchschn.	bis 1035		108 bis 100	6 und 8
	bis 1135		123 bis 112	6 meist 7
	bis 1350		121 bis 114	6
Linker Vagus durchschn.	bis 1365	0	93 bis 106	6
	bis 1385	20	113 bis 130	8
	bis 1410	45	139 bis 134	8 und 9
	bis 1450	85	142 bis 149	8 und 9
	bis 1475	110	155 bis 160	8 und 9
	bis 1515	150	163 bis 179	9 und 11
	bis 1600	235	177 bis 160	9 und 10
Athmung unterbrochen .	bis 1640	275	170	9·7
Athmung hergestellt . .	bis 1710	345	157 bis 143	9 und 10
Gerinnung	bis 2460			
	bis 2630	1265	127 bis 116	9 und 8·5
	3135 bis 3310	1945	119 bis 103	8·5, meist 8

geht. Befindet sich aber das verlängerte Mark in Erregung wegen einer von der Schnittfläche ausgehenden Reizung, so dürfte gleiches auch für das Rückenmark angenommen werden. Dem Ursprunge der sympathischen Herznerven gemäss, musste die von der unteren Schnittfläche ausgehende Reizung

eine Beschleunigung der Schlagfolge des Herzens bedingen. So lange aber der N. vagus gereizt und auf das Herz wirksam ist, kann sich, wie Baxt gezeigt hat, die Erregung des N. accelerans nicht geltend machen, wohl aber sogleich nach der Zerschneidung des N. vagus. An der ausserordentlich raschen Pulsfolge, welche oft hervortritt, wenn auf die Zerschneidung des Markes die der Nn. vagi folgt nimmt also auch die Reizung der Nn. accelerantes ihren Antheil. Mit der fortschreitenden Zeit sinkt die Erregung des Markes und damit die Pulszahl, bis sie endlich auf die Grösse gelangt, welche nach der alleinigen Durchschneidung der Nn. vagi vorhanden zu sein pflegt.

In wie weit sich die eben vorgetragene Anschauung der Wahrheit nähert bleibe dahingestellt; sicher ist es dagegen, dass alle vordem über die Ursache der Pulsänderung geäusserten Ansichten zur Erklärung des Thatbestandes nur dann ausreichen, wenn man den zeitlichen Verlauf des An- und Absteigens der Pulszahlen ausser Acht lässt. Nehmen wir auf den letzteren Rücksicht, so sehen wir, dass die in der Zeiteinheit vorhandene Pulszahl nach der Durchschneidung der Vagi anfänglich zunimmt, zu einem gewissen Zeitpunkt einen höchsten Werth erreicht und im weiteren Verlaufe von diesem wieder herabgeht.

Je nach dem Standpunkte, von dem die Deutung ausgeht, ob sie den N. vagus als schlagerregend oder -hemmend ansieht, kann von der Annahme aus, dass durch ihre Zerschneidung die Nn. vagi erregt werden, wohl der erste oder auch der zweite Theil des Verlaufes der Pulsänderung erklärt werden, doch nicht beide zugleich. Verlaufen in dem N. vagus Fasern die den Herzschlag anregen, so ist nicht einzusehen, warum der Schnittreiz nicht unmittelbar, nachdem er angebracht ist, seine grösste Wirkung übe, weshalb er oft um mehrere Minuten später das Maximum der Schlagzahl herbeiführe; gelänge die Beseitigung dieser Schwierigkeit, so würde der zweite Theil des Verlaufes, die fortschreitende Abnahme der Schlagzahl, zu Gunsten der vorgebrachten Unterstellung geltend zu machen sein. — Andererseits würde es mit der Annahme, wonach der N. vagus pulsverzögernde Fasern zum Herzen bringt, begreiflich sein, dass die Schlagfolge unmittelbar nach dem Schnitt langsamer sei als zu einer späteren Zeit, in welcher der Reiz abgeklungen. Warum aber, nachdem der N. vagus zur vollen Ruhe gekommen, und die Schlagfolge von den inneren Einrichtungen des Herzens allein bestimmt ist, die Pulszahl abermals herabgeht, bleibt unerklärt. Sollte sich meine Vermuthung, dass diese Reizung des N. accelerans an der Erscheinungsreihe betheiligt sei, als unhaltbar erweisen, so würde, um eine Erklärung des Pulsverlaufes zu finden, an einen Wechsel in den inneren Zuständen des Herzens zu denken sein, welcher von der beschleunigten Schlagfolge herbeigeführt wurde.

Aus den in der Art. carotis vorgenommenen Messungen ergiebt sich, dass der Blutdruck nach der Zertrennung nur eines N. vagus zwar ansteigt, doch nur mässig im Vergleich zu dem Wachsthum, nach der Durchschneidung der beiden Stämme. Die bekannte Thatsache, dass die Folgen der ersten und zweiten Durchschneidung unabhängig davon bleiben, ob der linke oder der rechte N. vagus zuerst an die Reihe kommt, beweisen die physiologische Gleichwerthigkeit der beiden Nerven. Unter solcher Bewandtniss hätte man erwarten dürfen, dass mit der Hälfte der Fasersumme auch ein gleicher Bruchtheil der Gesammtleistung wegfallen würde. Da dieses nicht eintrifft, so muss nach der Durchschneidung des einen Nerven entweder die vom Hirn ausgehende Erregung des unversehrt gebliebenen, oder die Erregbarkeit der von den Vagusenden abhängigen Werkzeuge gewachsen sein. Statt dessen könnte auch ursprünglicher Anordnung gemäss die von einer einzelnen Faser ausgehende Wirkung so beschaffen sein, dass sie bei wachsender Zahl der Fasern rascher abnähme, als jene zunehmen. Hier bieten sich Fragen genug, die einer Antwort harren; dass ich von dem Unternehmen eine solche zu suchen abstehe, wird mir bei der gegenwärtig bestehenden Hoffnungslosigkeit desselben verziehen werden.

Die Höhe des Druckes, unter welchen das Blut nach der doppelseitigen Zerschneidung der Nerven gebracht wird, ist, wie sich zeigt, eine bedeutende, in Anbetracht ihres Endwerthes, wie in Rücksicht auf den Zuwachs. Unter Umständen geht der Druck beträchtlich über die Grenze empor, die ihm für gewöhnlich bei unversehrtem Zustand der nervösen Centren gestattet ist. Wollte man voraussetzen, dass nach der Abtrennung des Rückenmarkes vom Gehirn der Tonus der Blutgefässe sogleich abgenommen hat, so würde die zu einem so hohen Spannungsgrade nöthige Füllung der Gefässlichtung nur durch ein mächtiges Anwachsen des Blutzuflusses vom Herzen aus zu erklären sein.

Der Zuwachs, welchen der Blutdruck empfängt, erreicht aber nach der Durchschneidung der beiden Nerven weder augenblicklich seine volle Grösse, noch erhält er sich während unbeschränkter Zeit; obwohl die Dauer des aufsteigenden Schenkels der Druckcurve in verschiedenen Versuchen ungleich lang gefunden wird, so ist sie stets eine nicht unbeträchtliche. In den drei vorgelegten Versuchen wechselte die Zeit, während welcher der Druck im stetigen Steigen begriffen war zwischen 40 und 305 Secunden. Demgemäss muss sich der Zustand, welcher das Anwachsen des Druckes herbeiführt, allmählich ausbilden, eine zuweilen fünf Minuten andauernde Zeit in Anspruch nehmen, bevor er sich vollkommen entfaltet hat. Irre ich nicht, so spricht die mit der Zeit zunehmende Wirkungsfähigkeit wenig für die Unterstellung, dass ein Reiz, welchen die Durchschneidung der Nervenstämme bewirkt, in Frage zu ziehen sei. Wie die des Aufsteigens, so

ist auch die Zeit des Beharrens und des Absinkens der Gefässspannung veränderlich. Zuweilen kehrt der Gang des Druckes sogleich seine Richtung um wenn der Gipfel erreicht war, zuweilen aber hält er sich unter wechselndem Auf und Ab bis zu zehn Minuten auf der erstiegenen Höhe. Immer aber strebt er nach dem Verfluss einer wechselnden Zeit zu der Höhe zurück, die er vor der Durchschneidung der Nerven eingenommen und endlich sinkt er unter dieselbe herab. An der Geschwindigkeit, mit welcher die Spannung der Arterien zu ihrem Ausgangspunkte vor der Nervenverletzung hinstrebt, nimmt das allmähliche Verschwinden des Zustandes unter dessen Entwickelung des Druckanwuchses höchst wahrscheinlich nur einen Antheil. Ein zweiter ist den Aenderungen anzurechnen, die sich mit der Zeit in jedem vom Gehirne getrennten Rückenmarke einstellen. In Folge der letzteren sinkt mit der fortschreitenden Zeit der Druck in den Arterien zwar unter Schwankungen, aber doch unaufhaltsam herab. Wie viel also in der Zeiteinheit der neue durch die Zerschneidung der Vagi gesetzte Zustand an Wirkungsfähigkeit einbüsst, bleibt auf Grund der vorliegenden Messungen unbekannt.

Von dem Grade der Gewissheit und des Umfangs, mit welchem die Folgen der Vagustrennung erscheinen, würde eine unvollkommene Vorstellung erzeugt, wenn man die als Vorbilder mitgetheilten Ergebnisse als die stetigen betrachten wollte. Der wechselvollen Ausbildung der Erregbarkeit, der Grundlage auch unserer Vorgänge, entspricht es, dass der Druck- und Pulszuwachs sich bei verschiedenen Thieren nach der Verletzung des Markes und der Nn. vagi ungemein mannigfaltig gestaltet, wofür die nachfolgenden Zahlenreihen zeugen, die von 20 Hunden geliefert sind.

	Zeit in Secunden	Schwankungen des Druckes in der A. carotis. Mm. Hg.	Schwankungen der Pulszahl
1. Nach Durchschneidung des Halsmarkes	5040 bis 5080	70 und 93	3·1 und 2·5
Linker Vagus durchschnitten	5130	62 und 68	2·8
Rechter Vagus durchschnitten	5145 (20)	160	15
	5870	88 und 63	15·5 u. 13·5
2. Nach Durchschneidung des Halsmarkes	3205 bis 3220	20 und 26	2·1
Rechter Vagus durchschnitten	3235	34 und 27	2·3
Linker Vagus durchschnitten	3260 (20)	90	20
	3400	47	17
3. Nach Durchschneidung des Halsmarkes	2270 bis 2320	44	5·5
Rechter Vagus durchschnitten	2340	50	5
Linker Vagus durchschnitten	2365 (10)	104 und 107	8 und 21
	2690	65 57	18 und 19

	Zeit in Secunden	Schwankungen des Druckes in der A. carotis. Mm. Hg.	Schwankungen der Pulszahl
4. Nach Durchschneidung des Halsmarkes	370 bis 380	117 und 111	5
Linker Vagus durchschnitten	390	116 und 110	5
Rechter Vagus durchschnitten	465 (65)	166	20
	930	106 und 103	18
5. Nach Durchschneidung des Halsmarkes	240 bis 340	70 und 77	5
Linker Vagus durchschnitten	405	70 und 79	5·2
Rechter Vagus durchschnitten	460 (55)	124	19
	1020	66	17
6. Nach Durchschneidung des Halsmarkes	1910 bis 1980	107 und 98	7 und 6·5
Rechter Vagus durchschnitten	2005	111	8 und 9
Linker Vagus durchschnitten	2270 (145)	141	9
	3325	64	9·5
7. Nach Durchschneidung des Halsmarkes	2940 bis 2960	80 und 70	7·2
Rechter Vagus durchschnitten	2985	72 und 76	7 und 8
Linker Vagus durchschnitten	3050 (65)	92	10 und 11
	4965	70	9
8. Nach Durchschneidung des Halsmarkes	4100 bis 4130	67	10·2
Linker Vagus durchschnitten	4255	66	10·3
Rechter Vagus durchschnitten	4330 (85)	81	10·3
	4820	57	10·5
9. Nach Durchschneidung des Halsmarkes	0 bis 110	143 bis 146	10 und 12
Linker Vagus durchschnitten	380	168	16
Rechter Vagus durchschnitten	285 (55)	142	15
	3065	61	15
10. Nach Durchschneidung des Halsmarkes	5960 bis 5990	53 bis 38	4 und 6
Rechter Vagus durchschnitten	6025	38 bis 58	5 und 7
Linker Vagus durchschnitten	6050 (25)	60	8 und 10
	7460	53	8·5
11. Nach Durchschneidung des Halsmarkes	4990 bis 5020	52 bis 41	6·7
Linker Vagus durchschnitten	5050	48 37	7 und 3
Rechter Vagus durchschnitten	5120 (70)	55	10
	7110	53	11 und 10
12. Nach Durchschneidung des Halsmarkes	1150 bis 1165	123 bis 105	9 und 8
Linker Vagus durchschnitten	1230	92	7
Rechter Vagus durchschnitten	1420 (60)	120	14
13. Nach Durchschneidung des Halsmarkes	565 bis 605	86 und 80	12
Linker Vagus durchschnitten	625	68	9
Rechter Vagus durchschnitten	800 (65)	91	18
	940	43	17
14. Nach Durchschneidung des Halsmarkes	2700 bis 2815	60 und 56	18
Linker Vagus durchschnitten	2825	56	18
Rechter Vagus durchschnitten	3090 (160)	58 und 53	19

	Zeit in Secunden	Schwankungen des Druckes in der A. carotis. Mm. Hg.	Schwankungen der Pulszahl
15. Nach Durchschneidung des Halsmarkes	405 bis 420	79 und 76	16
Rechter Vagus durchschnitten	460	70 und 74	16 und 17
Linker Vagus durchschnitten	535 (75)	73 und 93	17
16. Nach Durchschneidung des Halsmarkes	5465 bis 5560	53 und 46	9·5
Rechter Vagus durchschnitten	5610	47	9
Linker Vagus durchschnitten	5650 (25)	55	10
17. Nach Durchschneidung des Halsmarkes	340 bis 360	86 und 76	9·1
Linker Vagus durchschnitten	410	66	9
Rechter Vagus durchschnitten	445 (40)	61	11
18. Nach Durchschneidung des Halsmarkes	8550 bis 8575	29 und 35	8·5
Rechter Vagus durchschnitten	8630	29 und 36	8 und 9
Linker Vagus durchschnitten	8770 (110)	37 und 34	9
19. Nach Durchschneidung des Halsmarkes	5030 bis 5045	62	8
Linker Vagus durchschnitten	5070	58	8
Rechter Vagus durchschnitten	5150 (50)	67	8 und 9
20. Nach Durchschneidung des Halsmarkes	4885 bis 5815	58 und 48	6
Rechter Vagus durchschnitten	5840	51	6
Linker Vagus durchschnitten	6125 (260)	52 und 49	6

Wer die Tabellen zu durchmustern geneigt ist, wird erkennen, dass die Beobachtungen 1 bis 5 sich den auf S. 123 mitgetheilten genau anschliessen, und dass in 6 bis 8 trotz einer geringen Beschleunigung des Pulses eine merkliche des Druckes bestehen kann. In 10 bis 13 findet sich umgekehrt ein merkliches Anwachsen der Pulszahl ohne ein entsprechendes des Druckes. Die Reihe 14 bis 20 endlich zeigt, dass die Durchschneidung der Nn. vagi spurlos an dem Ablauf vorüberzugehen vermag, welchem die arterielle Spannung und die Pulsfolge nach der Durchtrennung des Halsmarkes anheimfallen. Genauer betrachtet geben die letzteren Beobachtungen doch nur den von vornherein zu gewärtigenden Aufschluss, dass die Durchschneidung der Nn. vagi wirkungslos ist, wenn sie vor ihr gelähmt waren, sei es wegen des langen Zeitraums, der zwischen ihrer und der Ablösung des Halsmarkes vom Gehirn verfloss, oder weil auch in den noch unversehrt gebliebenen nervösen Centren ein schwacher Tonus bestand. — Beobachtung 9 ist dadurch ausgezeichnet, dass nach der Durchschneidung des ersten Vagus der volle Erfolg erschien, an welchem die Abtrennung des zweiten nichts mehr änderte, gewiss weil der später durchschnittene auch schon vorher lahm war.

Nachdem die Betheiligung des Gehirns am Entstehen des Druckzuwachses ausgeschlossen war, warf sich die Frage auf, von welchem Ver-

breitungsbezirk der Nn. vagi aus sie veranlasst wurde. Voraussichtlich waren für die beschleunigte Folge des Pulsschlages die Herzäste des N. vagus verantwortlich zu machen, anders aber konnte es sich mit dem Ansteigen des Blutdruckes verhalten. Sie war, wie schon Rutherford vermuthet hatte, vielleicht von einer Lähmung der Verzweigungen des Vagus im Unterleib abhängig. — Ohne grosse Schwierigkeiten liess sich ein hierüber entscheidender Versuch auffinden.

Unter antiseptischer Beihülfe wurde die Unterleibshöhle narkotisirter, nüchterner Hunde eröffnet, der Magen hervorgezogen und alle Zweige des Vagus, welche mit der Speiseröhre das Zwerchfell durchsetzen, aufgesucht und aus jedem ein längeres Stück ausgeschnitten. Mit aller Sorgfalt wurde darauf geachtet, der Scheere kein Aestchen entgehen zu lassen. Der hohen Lage der Cardia und der die Nerven begleitenden Blutgefässe wegen ist die vollkommene und reinliche Durchführung der Aufgabe mühselig, aber ausführbar. Nach vollbrachter Durchschneidung wurde die Heilung der Bauchwunde angestrebt; sie gelang in den sechs ausgeführten Praeparationen vollkommen, und nun konnte an den wiederhergestellten Hunden in gleicher Weise wie früher verfahren, erst das Rückenmark und dann die Nn. vagi durchschnitten werden. Dass das Ergebniss der Beobachtung eindeutig war, lehren die folgenden Zusammenstellungen. Zu ihnen gehört noch die Bemerkung, dass die nach dem Tode vorgenommene Section die Vollständigkeit der Durchschneidung und den unverwachsenen Zustand der Nervenenden bestätigte.

Die Bauchzweige der Nn. vagi am Oesophagus durchschnitten nach der Heilung der Wunde.

	Zeit in Secunden		Schwankungen des Druckes in der A. carotis. Mm. Hg.	Schwankungen der Pulszahl
Nach Durchschneidung des Halsmarkes .	0 bis 155		109 bis 88	2·3 und 3
	bis 275		100 bis 73	2·8 und 3·5
Linker Vagus durchschnitten	bis 320		73 bis 62	2·1 und 2·8
Rechter Vagus durchschnitten	bis 335	0	68 bis 160	7 u. 11 u. 14
	bis 480	145	160 und 143	15 und 16
	bis 710	375	143 und 88	15 und 14·2
	bis 1105	770	88 bis 63	13·5 und 13
Gerinnung	bis 1200	865		
	bis 1545	1210	55 bis 53	13 und 12·8
Nach Durchschneidung des Halsmarkes .	0 bis 50		117 bis 110	5
Linker Vagus durchschnitten	bis 60		110 bis 116	5
Rechter Vagus durchschnitten	bis 65	0	110 bis 124	13
	bis 70	5	124 bis 160	18
	bis 125	60	162 und 166	20
	bis 185	120	166 und 145	20

	Zeit in Secunden	Schwankungen des Druckes in der A. carotis Mm. Hg.	Schwankungen der Pulszahl
Nach Durchschneidung des Halsmarkes .	0 bis 220	4 59 20	0 8 1 sehr unregelmässig
Rechter Vagus durchschnitten	bis 235	26 34 27	2 und 3
Linker Vagus durchschnitten	bis 260 0	27 90	10 später 20
	bis 375 115	90 47	20 und 17
	bis 620 360	47 37	17 und 14

Mit den Versuchen ist jedenfalls dargethan, dass die Lähmung des Vagus den Druck in den Arterien auch noch nach vorausgegangener Ausschaltung der Unterleibsäste steigert.

Nachdem sich die Lähmung der Bauchzweige als unbetheiligt erwiesen hat, gewinnt es den Anschein, als ob in den Eingeweiden der Brust die Veranlassung zu suchen sei, weshalb nach der Durchschneidung der beiden N. vagi der Druck in den Arterien emporgeht. Unter den dort eingetretenen Veränderungen fällt sogleich die beschleunigte Folge des Herzschlages auf; genügt sie für sich allein, um die Steigerung des Druckes begreiflich zu machen?

Durch die Aenderungen des arteriellen Druckes wird es bekanntlich möglich, zwischen der Mächtigkeit des zu der Aorta stattfindenden Zuflusses und des nach den Capillaren hin sich ergiessenden Abflusses das Gleichgewicht herzustellen; von einer gegebenen Höhe an wird der Druck wachsen, wenn die vom Herzen herkommende Flüssigkeit, und ebenso auch wenn der Widerstand in den jenseits der Arterienstämme befindlichen Stromwegen zunimmt. Sachgemäss wird sich unsere Aufgabe auf die Ermittelung des Antheils zu beschränken haben, den die Aenderung der Schlagfolge an dem in die Aorta übertretenden Flüssigkeitsmaass nimmt. — Nun hat die Erfahrung ergeben, dass die zu den Vorhöfen herandrängende Blutmenge in ganz überwiegendem Grade von den im Venenstrom wirksamen Antrieben abhängt, und dass den Herzkammern wesentlich nur die Aufgabe zufällt, den Arterien das Blut in dem Maasse zuzuleiten, in welchem es den Vorhöfen von den Venen her zugeführt wird. Um dieser Forderung zu genügen, kann sich die Kammer eines verschiedenen Verfahrens bedienen, sie kann sich vor jeder Systole mehr oder weniger stark füllen und dann im ersteren Fall seltener, im zweiten häufiger zusammenziehen, woraus folgt, dass die der Aorta zugeführte Blutmenge unveränderlich zu bleiben vermag, unabhängig von der jeweiligen Schlagfolge des Herzens. Doch wird nicht immer die verschiedene Schlagfolge für die Ueberführung des Venenblutes von einer gleichen Giltigkeit sein. Wegen der beschränkten Dehnbarkeit der Herz-

wand wird die unter ein gewisses Häufigkeitsmaass herabgesunkene Schlagfolge des Ventrikels den Forderungen nicht zu genügen vermögen, welche das Herbeiströmen des Venenblutes stellt.

Nach den angestellten Ueberlegungen halte ich es für gewiss, dass innerhalb weiter Grenzen die veränderte Pulsfolge keinen Schluss erlaubt auf die zu den Arterien hinströmenden Blutmengen und darum noch weniger auf den in den Arterien auftretenden Druck. Eine sachliche Bestätigung hierfür finde ich in der allbekannten Thatsache, dass beträchtliche Schwankungen der Pulsfolge den Blutdruck nicht beeinflussen und auch dann nicht, wenn jeder Verdacht einer Aenderung des Widerstandes in den Abflusswegen fehlt. Wohl aber bot sich die Hoffnung auf weiter verwendbare Auskünfte, wenn die Reizung der Nerven, welche die Pulsfolge beherrschen, des N. vagus und N. accelerans, bei möglichst grossen Unterschieden in der Stärke des Blutstromes bez. solchen in dem Tonus der Gefässwand, also an Thieren vorgenommen wurden, deren durchschnittenes Rückenmark durch längere Entbehrung der Hirnreize gelähmt oder durch Inductionsschläge beträchtlich erregt war. — Meine Erwartungen sind nicht getäuscht worden gegen die Aenderungen der Pulsfolge ist der Blutdruck sehr ungleich empfindlich, je nachdem das Rückenmark erregt oder gelähmt ist.

Sobald der arterielle Druck nach der Durchschneidung des Halsmarkes bedeutend herabgesunken ist, wird sein Werth oft gar nicht, günstigsten Falls nur um 10 bis 15 ^{mm} Hg gesteigert, wenn die Zahl der Pulse während einer Secunde von 1 bis 3·3 anwächst; erst dann sinkt der Druck um einen höheren, sich auf 30 bis 40 ^{mm} Hg belaufenden Betrag herab, wenn die Herzpause 2 bis 5 Secunden andauert. Wird eine dieses bewirkende starke Reizung des N. vagus, nachdem sie längere Zeit hindurch fortgesetzt war, unterbrochen, so steigt, wenn sich die vor ihr vorhandene oder auch eine geringere Pulszahl wieder eingestellt hat, der Druck oft um 20 ^{mm} und mehr über die vordem dagewesene Höhe, zum Zeichen dafür, dass sich während der ungewöhnlich langsamen Schlagfolge das Blut in und vor den Vorhöfen angestaut hat. Zur Erläuterung des Gesagten werden die Ergebnisse einiger Reizungen dienen.

I. Vor der Reizung des N. accelerans. 6035 Secunden nach Durchschneidung des Halsmarkes.

Mitteldruck	49 bis 57 ^{mm} Hg
Pulszahl in 5 Secunden .	8·6

Reizung des N. accelerans während 30 Secunden.

Mitteldruck	57	68	67	65	66	67	68 ^{mm} Hg
Pulszahl in 5 Secunden .	10	17	17	17	16	16	16

Darauf Reizung des N. vagus 170 Secunden nach der vorhergehenden Reizung des N. accelerans.

Druck 55 56
Pulszahl in 5 Secunden . 8·4

Während der Reizung des N. vagus 20 Secunden lang.

Mitteldruck 28 41 43 50
Pulszahl in 5 Secunden . 0 5 9 8

II. Vor der Reizung des N. vagus. 3570 Secunden nach Durchschneidung des Halsmarkes.

Mitteldruck . . . . . 61 und 64
Pulszahl in 5 Secunden . 9

Während der Reizung des N. vagus.

Mitteldruck . . . . . 64 ^{mm} Hg, allmählich sinkend auf 46 ^{mm} Hg,
dann empor auf 54
Pulszahl in 5 Secunden . 9 10 9 8 6 5 4 7 8 9 9

Vor der Reizung des N. accelerans. 7205 Secunden nach Durchschneidung des Markes.

Mitteldruck 41
Pulszahl in 5 Secunden . 8·1

Während der Reizung des N. accelerans.

Mittteldruck 40 47 46
Pulszahl in 5 Secunden . 9·10 11 12 12 11

III. Vor Reizung des N. accelerans. 600 Secunden nach Durchscheidung des Halsmarkes.

Mitteldruck . . . . . 45 und 47 ^{mm} Hg
Pulszahl in 5 Secunden . 8·5

Reizung des N. accelerans während 20 Secunden.

Mitteldruck 50 53 55 56
Pulszahl in 5 Secunden . 11 14 17 17

Vor Reizung des N. accelerans. 300 Secunden später.

Mitteldruck . . . . . 46 45 ^{mm} Hg
Pulszahl in 5 Secunden . 8 8·5

Reizung des N. accelerans während 20 Secunden.

Mitteldruck 49 53 54 55
Pulszahl in 5 Secunden . 10·5 17 18 18

Entschieden und ganz wesentlich anders gestalten sich die Beziehungen zwischen dem Blutdruck und der Schlagfolge des Herzens, wenn eine Reizung des Rückenmarkes und damit ein grösserer Tonus der Gefässwandung besteht. Dann vermögen schon kleine Minderungen in der Pulszahl den Druck sehr merklich herabzusetzen, und wenn die auf 1 Secunde fallenden Pulse von 3 auf 1 herabgehen, so gehört ein Absinken der Quecksilbersäule um 100 und mehr Millimeter nicht mehr zu den Seltenheiten. Hierfür geben die folgenden Versuchszahlen Beispiele.

Reizung des Rückenmarkes verbunden mit der des N. vagus.

		Zeit in Sec.	Druck in der A. carotis in Mm. Hg.	Pulszahl in je 5 Sec.
1. Vor jeglicher Reizung		70	63 bis 61	13
Reizung des Rückenmarkes während 130 Sec.		10	87	14
		45	79 bis 155	14 16
	Reizung des Vagus während 60 Sec.	10	155 bis 115	8 5
		15	99 116 131	4 5 9
		35	106 bis 147	5 6 7 8 10 12
		15	161	15 16 17
Ohne jegliche Reizung		15	159 142	16 15
2. Ohne jegliche Reizung		10	99	15 14
Vagusreizung während 110 Sec.		15	65 95 76	7 14 7
		10	76 88	8 9
	Rückenmarksreizung während 65 Sec.	5	88	9
		10	88 50	5 4
		15	59 66 95	4 5 7
		15	129 157 181	8 9 9
		20	103 206 210	10 9
		10	210 211	9 10
Ohne jegliche Reizung		40	240 u. höher	?
		20	193 173	18 17 16
3. Reizung des Rückenmarkes während 85 Sec.		65	98 191	14 15
		20	191 148	16
Reizung des Vagus während 60 Sec.		60	145 66	14 bis zu 4
Ohne jegliche Reizung wahrend 115 Secunden		10	88 87	13 14
		10	107 130	14 15
		35	118 127	14 15
		60	127 85	15 13

Mehr als nur wahrscheinlich wird die Annahme sein, dass die Erscheinungen, welche nahe den oberen und unteren Grenzen der Erregung im Rückenmark zur Anschauung kamen, durch eine allmählich abgestufte Kette mit einander verbunden sind. Mit dem Erregungsgrade des Rücken-

marks wird auch die Empfindlichkeit des arteriellen Druckes für die Veränderungen in der Schlagfolge wachsen und sinken.

Weil nun, wie wir gesehen, bei bestehender Lähmung des Gefässtonus der Blutdruck durch die ihrer oberen Grenze nahe gebrachte Beschleunigung der Pulsfolge nur wenig über das Maass erhöht werden kann, was bei einer mittelraschen Folge der Herzsystolen besteht, so werden wir hierin eine neue Bestätigung für die Annahme finden, welche den Druck in den Arterien von der dem Erregungsgrade der Vasomotoren abhängig macht. Nur dann wird das Blut unter einem höheren Druck zu stehen kommen, wenn die Gefässnerven kräftig erregt sind.

Wenn wir jetzt zur Betrachtung der auf den Seiten 123 bis 128 aufgeführten Zahlen zurückkehren, so kann uns die Aehnlichkeit derselben mit den bei der letzten Versuchsreihe gewonnenen nicht entgehen; die Vergleichung führt uns auch sofort zu einer einfachen Deutung des Zusammenhanges aller Erscheinungen, die nach der Durchschneidung des Halsmarkes und der nachfolgenden der beiden Nn. vagi zu Tage treten.

Niemand wird bestreiten, dass die Durchschneidung des Halsmarkes eine Reizung der beiden auseinander gelegten Hälften zurücklassen könne. Dass der obere mit dem verlängerten Mark noch verbundene Theil erregt worden sei, wird jedesmal dann für bewiesen gelten, wenn der Herzschlag seltener als vor der Durchschneidung des Markes geworden und wenn seine Häufigkeit nach der Zerschneidung beider Nn. vagi beträchtlich zugenommen hat. Ein Zustand wie er in dem Hirnstumpfe nachweisbar vorhanden ist, wird man auch dem Rückenmarke zusprechen dürfen, und den Beweis für sein Bestehen dann für erbracht halten, wenn nach der Durchschneidung der Vagi auf eine Secunde 3 bis 4 Herzschläge fallen. Eine so grosse Häufigkeit des Pulses ward bekanntlich nur während einer Reizung der Nn. accelerantes also namentlich auch nach einer solchen des Halsmarkes beobachtet.

Sowie die Annahme zugegeben ist, dass sich nach der Durchschneidung des Halsmarkes eine Erregung der beiden Markstümpfe einfinden könne, lassen sich je nach dem Grade der letzteren die Erfolge der Versuche voraussagen. — 1) Beide Stümpfe sind stark erregt. Das Ansteigen des Druckes, welchen die Erregung des Rückenmarkes verlangt, wird niedergehalten durch den sehr seltenen Herzschlag; werden dann die Vagi durchschnitten, so werden in der Secunde 3 bis 4 Pulse auftreten und gleichzeitig wird der Blutdruck um 100^{mm} und mehr emporgehen. — Allmählich schwindet die Erregbarkeit des Markes, und mit ihr mässigt sich der hohe Druck und die Pulszahl; letztere kehrt dagegen niemals auf den Werth den sie bei der tonischen Erregung der unverletzten Vagi aufwies. — 2) Beide Stümpfe sind nicht mehr

erregt, was zuweilen kurz nach der Durchschneidung des Markes, gewöhnlich aber eine Stunde nach derselben der Fall ist. Der Blutdruck ist niedrig und bleibt es nach der folgenden Durchschneidung der Nn. vagi trotz einer noch immer anwachsenden Pulszahl. — 3) Der Hirnstumpf ist erregt, das Rückenmarksende nicht. Nach der Durchschneidung der Nn. vagi wird der vordem seltenere Puls häufiger, der Druck steigt nur um wenige Millimeter. — 4) Umgekehrt; das Hirnende ist in Ruhe, das Rückenmark erregt, der Druck ist hoch, die Zerschneidung der Nn. vagi ändert weder Puls noch Druck.

So lässt sich auf einfache Weise jedes der Vorkommnisse deuten, welches sich in meinen Versuchen findet, namentlich unter Berücksichtigung der mannichfach möglichen Erregungsstufen in dem einen und dem anderen Markstumpfe.

Doch bevor wir der Erklärung vollen Glauben schenken dürfen, wird erst nachzuweisen sein, ob ihr nicht Thatsachen widersprechen, welche bei weiteren Abänderungen des Versuches hervortreten, und ob sich nicht noch einfachere und sachgemässere Erklärungsgründe finden lassen.

Als widersprechend wären sogleich die von Pawlow gefundenen Thatsachen zu nennen. In seinen Versuchen blieb das Rückenmark unberührt, vor der Durchschneidung der Nn. vagi wurde dagegen der Hund mit Atropin bis zur vollen Lähmung der genannten Nerven vergiftet. Als nun die beiden Vagi durchschnitten wurden, blieb die Pulszahl unverändert, dagegen erhob sich der Druck in der Art. carotis und sank erst nach mehreren Minuten auf die alte Höhe zurück. Vorausgesetzt, es träten die nämlichen Folgen auch bei Thieren mit durchschnittenem Halsmarke auf, so würde meine Erklärung hinfällig geworden sein, um so mehr als schon Bezold und Bloebaum[1] auf die den Gefässtonus abschwächende Wirkung des Atropins hingewiesen haben.

Als der entscheidende Versuch in der Weise angestellt wurde, dass nach der Abtrennung des Halsmarkes vom Gehirne die Hunde durch die Jugularvenen mit einer genügenden Menge Atropin versehen waren, änderte die Durchschneidung beider Nn. vagi weder den Druck noch die Pulszahl. Und als die Reihenfolge der Eingriffe dahin verändert ward, dass erst nach der Durchschneidung des Halsmarkes und der Nn. vagi das Atropin zugeführt wurde, sank der Blutdruck allmählich bedeutend ab, stieg dann von seinem tiefsten Stand aus langsam wieder empor, ohne jedoch die vor der Einführung des Atropins behauptete Höhe wieder zu erreichen. Des durchaus negativen Resultates wegen darf die Mittheilung von Zahlenbelegen unterbleiben.

---

[1] *Untersuchungen aus dem physiologischen Laboratorium zu Würzburg.* Hft. I.

Deshalb, weil an dem mit Atropin vergifteten Hund die Durchschneidung der Nn. vagi ein anderes Ergebniss geliefert hatte als es Pawlow begegnet war, stehen unsere Versuche zueinander nicht im Widerspruche. Im Gegentheil, es traten die von Pawlow beobachteten Erfolge auch unter meinen Händen ein, als ich die Vagi an sonst unversehrten mit Atropin vergifteten Hunden durchschnitt. Dadurch also, dass das centrale Ende des N. vagus noch auf das Gehirn, dieses aber auf das Rückenmark einwirken kann, ist eine neue Bedingung eingeführt, welche den Blutdruck zu erhöhen vermag. Die Vermuthung liegt nahe, dass die Zerschneidung der Nn. vagi auf dem Wege des Reflexes den Tonus der Gefässnerven erhöht; eine weitere Verfolgung des Gegenstandes, zu der ich keine Veranlassung fand, wird zur vollen Aufklärung führen.

Da der Blutdruck namentlich dann stark aufstieg, wenn die Nn. vagi vor ihrer Durchschneidung vom Gehirne aus kräftig und anhaltend erregt waren, so durfte man daran denken, dass eine der mannigfachen Aenderungen, welche eine dauernde Reizung der Nn. vagi da und dort hervorbringt, an dem Emporwachsen des Druckes betheiligt sei. Deshalb hielt ich es nicht für überflüssig, die peripheren Stümpfe einen oder beider Vagi zu reizen. Um zu einem reinen Ergebnisse zu gelangen, durfte die Reizung erst dann vorgenommen werden, wenn der arterielle Druck wieder von der Höhe herabgekommen war, auf die er unmittelbar nach der Durchschneidung der Nn. vagi gestiegen. Obwohl darum die Reizung erst längere Zeit nach der Durchschneidung des Halsmarkes begann, so erwiesen sich doch die Nn. vagi noch vollkommen leistungsfähig.

Die durch die Erregung der Nn. vagi erzielten Erfolge stimmten vollkommen mit denjenigen überein, die man nach den Versuchen von Rossbach und Quellhorst[2] erwarten durfte. An Hunden, deren Nn. vagi unterhalb der Brust vor ihrer Verzweigung auf den Magen durchschnitten waren, brachte die Reizung kein Wachsthum des Druckes und der Pulszahl hervor. — Wenn dagegen die Nn. vagi auf ihrem Verlaufe jenseits des Halses keine Unterbrechung ihres Zusammenhanges erfahren hatten und die während und unmittelbar nach der Reizung verlangsamte Schlagfolge einer rascheren Platz gemacht hatte, so erhob sich der Druck zuweilen auf eine bedeutende Höhe, ähnlich der, welche mit der Reizung der N. splanchnicus einhergeht. In einer die unmittelbare Reizung überdauernden Erregung der Brustzweige des N. vagus kann darum der Grund für das Ansteigen des Blutdruckes nicht gefunden werden, welches auf die Durchschneidung der vom Gehirne aus gereizten Nn. vagi folgt.

So bleibt anderen noch möglichen Annahmen gegenüber die meine allein

---

[1] *Pharmakologische Untersuchungen.* Herausg. von J. Rossbach. 1876. Bd. II.

befähigt den Zusammenhang der Erscheinungen zu erklären. Aus einer bestehenden Reizung des Rückenmarkes und aus der beseitigten Wirkung der erregten Nn. vagi auf das Herz, leitet sie ungezwungen das Anwachsen des Blutdruckes und die auf eine ungewöhnliche Zahl gesteigerten Herzschläge ab, welche sich nach der Durchschneidung des Halsmarkes und der darauf folgenden beider Nn. vagi einstellen. Durch meine Versuchsreihe dürfte somit eine bis dahin offene Frage endgiltig beantwortet sein. Mit dieser Zuversicht verbinde ich die Hoffnung, dass in Folge meiner Anregung die Beziehungen weiter untersucht werden, welche zwischen der Schlagfolge des Herzens und dem in den Arterienblute vorhandenen Druck bestehen.

Der Curarediabetes.

Von

O. Langendorff
in Königsberg.

In meiner früheren Mittheilung über die Zuckerbildung in der Leber[1] habe ich ausser der durch Strychninvergiftung herbeizuführenden Glykosurie der Frösche auch kurz den Curarediabetes zu berühren Gelegenheit gehabt. Da bei Versagen der Curarisirung die Strychninvergiftung öfters sich wirksam zeigte, und auch das Umgekehrte der Fall war, vermuthete ich, dass der Curarediabetes in anderer Weise zu Stande komme, wie der Strychnindiabetes, dass der Mechanismus beider verschieden sei.[2]

Als ich nun neuerdings Lebern untersuchte, die durch Curare diabetisch gewordenen Herbstfröschen angehörten, fand ich ihr Aussehen von dem normaler „ruhender" Lebern nicht im geringsten verschieden. Sie zeigten hohen Glykogengehalt, grosse und protoplasmaarme Zellen, und waren voluminös und schwer. Ganz andere Erfahrungen hatte ich beim Strychnindiabetes gemacht, unter dessen Einfluss ich Volumen und Gewicht der Leber abnehmen, die Zellen kleiner und protoplasmareicher, dafür weit ärmer an der glykogenführenden Interfilarsubstanz werden sah.

Folgender Versuch diene als Beispiel:

Am 19. November 1885 wird ein Frosch mit Curare vergiftet. Vom 20. November bis zum 1. December incl. ist Zucker in seinem Harn nachweisbar.[3] Am 1. December beginnen schwache Bewegungsäusserungen; am 2. December ist der Harn zuckerfrei. Der Frosch wird jetzt getödtet; er wiegt $39 \cdot 57^{\text{grm}}$. Das Gewicht der sehr voluminösen Leber $= 3 \cdot 08^{\text{grm}}$; relatives Lebergewicht somit $= \frac{1}{12 \cdot 84}$. Die Leber gehört also zu den

---

[1] *Dies Archiv.* 1886. Suppl.-Bd.

[2] A. a. O. S. 273.

[3] Umgebungstemperatur sehr niedrig (um den Nullpunkt schwankend).

schwersten, die überhaupt vorkommen.[1] Nach Ausweis der mikroskopischen Untersuchung des in Alkohol gehärteten Organs sind die Zellen voll von Glykogen und arm an Protoplasma. Die grösseren Zellendurchmesser betragen 40—55 μ.

Aehnliche Ergebnisse lieferten andere Versuche. So sicher also für den Strychnindiabetes eine wesentliche Betheiligung des Leberglykogens sich hatte feststellen lassen, so unwahrscheinlich wurde eine solche für die Curare-Glykosurie. Denn dass auch hier ein Verbrauch von Leberglykogen stattgefunden habe, der nur durch fortwährende Neubildung von Glykogen gedeckt worden wäre, schien unwahrscheinlich, da die Thiere hungerten, und sich ausserdem wegen der kalten Jahreszeit im Zustande sehr verminderter Stoffumwandlungsprocesse befinden mussten.

Die Frage lag jetzt nahe, ob die Leber überhaupt zum Zustandekommen des Curarediabetes nöthig sei. Vom Strychnindiabetes hatte sich zeigen lassen, dass er nach Fortnahme der Leber nicht mehr eintritt. Auch bezüglich des Curarediabetes hatte ich schon früher einen Versuch mitgetheilt, in welchem nach der Leberexstirpation auch die Curarisirung keine Glykosurie herbeigeführt hatte. Da die Curarisirung aber auch sonst sehr häufig ihren Dienst versagt,[2] so kann ein einzelner derartiger Fall nichts beweisen. Durch das histologische Verhalten der Curarelebern aufmerksam gemacht, schritt ich deshalb zu einer weiteren Reihe von Leberexstirpationsversuchen.

Fünf Frösche wurden mit kleinen Curaremengen vergiftet. Noch vor dem Eintritte völliger Lähmung wurde ihnen die Leber in der üblichen Weise entfernt.[3] Bei allen fünf trat Glykosurie ein.

Freilich war ihre Dauer trotz ziemlich niedriger Umgebungstemperatur und trotz langen Anhaltens der sonstigen Vergiftungserscheinungen, gering (1 bis 2 Tage); sie war aber sehr deutlich und die Zuckermenge, wie es den Anschein hatte, nicht allzu spärlich.

So führen denn diese Versuche zu dem für Viele gewiss überraschenden Ergebniss, dass die Leber zum Zustandekommen des Curarediabetes nicht nothwendig ist. Nicht nur für den Strychnindiabetes, für den ich es bewiesen habe, sondern auch für dem Piqûrediabetes des Frosches gilt (nach Schiff) das Gegentheil. Dagegen hat v. Mering nachgewiesen, dass

---

[1] Vergl. meine frühere Abhandlung. A. a. O.

[2] Gleiche Dosen gleichfrischer Lösungen einer und derselben Sorte sind zuweilen bei dem einen Frosche wirksam, bei dem andern nicht. Alte Lösungen, obwohl sie ihre lähmenden Eigenschaften vollkommen bewahrt haben, lassen die Glykosurie öfter vermissen, wie frisch bereitete.

[3] Ein sehr kleiner Rest wird am besten zurückgelassen, um die V. cava inferior zu schonen und damit eine mehrtägige Anurie zu verhüten.

der Phloridzindiabetes auch bei entleberten Fröschen zu Stande kommt, eine Angabe, die ich nach eigenen Versuchen bestätigen kann. Woher bei der Curarevergiftung der Harnzucker stammen möge, diese Frage wage ich noch nicht zu discutiren. Es liegen mehrere Möglichkeiten vor, zwischen denen zu entscheiden ich ohne den Besitz weiterer Erfahrungen verzichten muss.

Ich will nur hier die eine für das Verständniss des Falles vielleicht nicht unwichtige Thatsache anführen, dass ich in den Muskeln entleberter, mit Curare vergifteter Frösche nach Ablauf der Glykosurie noch kleine aber deutliche Glykogenreste vorgefunden habe.

Luchsinger[1] hat daraus, dass es ihm nicht gelungen war, hungernde Thiere durch Curare (und ebenso durch den Zuckerstich) diabetisch zu machen, den Schluss gezogen, dass das Vorhandensein des Leberglykogens, das bekanntlich bei genügend lange fortgesetztem Hungern schwindet, eine nothwendige Vorbedingung für das Zustandekommen der Glykosurie sei.

Im Hinblick auf die obigen Ergebnisse sowie auf die allerdings wohl nicht ganz einwandfreien Versuche von Dock,[2] der ein anderes Resultat erhalten hatte, wie Luchsinger, und mit Rücksicht darauf, dass Curare wohl auch bei Warmblütern kein völlig zuverlässiges „Diabeticum“ ist — wäre eine nochmalige Prüfung des Sachverhaltes wohl angezeigt.

Aber selbst wenn es sich auch dann herausstellen sollte, dass nach genügender Hungerzeit die Curarevergiftung wirklich unwirksam ist, wäre damit ein sicherer Beweis für die Bedeutung des Leberglykogens für den Curarediabetes noch nicht erbracht. Freilich ist das Leberglykogen aus einem solchen Thiere geschwunden, aber leiden nicht vielleicht auch andere Körperbestandtheile unter der Inanition? Wäre es nicht ganz wohl denkbar, dass ein anderer Körper, der vielleicht gar nicht der Leber angehört, ein Hyalogen oder ein Eiweisskörper, aus dem sich sonst der Harnzucker abspalten mag, ebenfalls geschwunden, der Zuckerbildung somit ihre Grundlage entzogen sei? Auch dürften durch den Hungerzustand noch andere Anomalien entstanden sein, die die Entstehung von Glykosurien beeinträchtigen könnten.

Ich glaube, dass man gegen die Hungerversuche diese Bedenken erheben muss, und dass sie nur dann verwerthet werden dürfen, wenn ihr Ergebniss mit dem nach anderen Verfahren gewonnenen übereinstimmt.

---

[1] *Experimentelle und kritische Beiträge zur Physiologie und Pathologie des Glykogens.* Inauguraldissertation. Zürich 1875. S. 84.

[2] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. V. S. 571.

Ein gekreuzter Reflex beim Frosche.

Von

O. Langendorff
in Königsberg.

Vor etwa sechs Jahren habe ich im Anschluss an einige Mittheilungen Luchsinger's über einen von mir aufgefundenen gekreuzten Reflex beim Frosche berichtet.[1] Dieser einfache Versuch, der sich fast an jedem Frosche ohne weitere Vorbereitung anstellen lässt, und wie mir scheint, recht auffällig ist, scheint wenig bekannt geworden zu sein. Ich erlaube mir deshalb noch einmal auf ihn zurückzukommen, zumal da ich über ihn auch einiges Neue zu berichten habe.

Wenn man einen Frosch so in der Hand hält, dass die Hinterbeine schlaff herunterhängen,[2] und dann mit einem stumpfen Instrument, etwa mit einer Pincettenbranche, oder mit dem Fingernagel über die Augen- oder Trommelfellgegend einer Seite mit mässigem Drucke streicht oder kratzt, so sieht man eine, je nach der Reflexerregbarkeit des Thieres bald mehr bald minder heftige schleudernde Bewegung des Hinterbeines der anderen Seite erfolgen. Dasselbe wird im Hüftgelenk stark gebeugt und abducirt, in den anderen Gelenken mässig gestreckt, die Schwimmhaut wird entfaltet. Meist hat die Bewegung einen tetanischen Charakter; das Bein behält noch eine Zeit lang nach Aufhören der Reizung seine Stellung bei, oder sinkt nur sehr allmählich zurück. Das Bein der gereizten Seite, sowie die Vorderbeine gerathen nur bei starker Reizung in Mitaction, das Auge der gereizten Seite schliesst sich, der Kopf wendet sich ab. Der Versuch gelingt ohne Weiteres fast an jedem Frosch; er gelingt auch, wenn Grosshirnlappen und Mittelhirn entfernt sind. Durch gleichzeitige starke sensible Reizung wird der Reflex gehemmt. Ist der Plexus ischiadicus

---

[1] *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.* 1880. Nr. 28.

[2] An Fröschen, die sich in der gewöhnlichen hockenden Stellung befinden, gelingt der Versuch nicht.

einer Seite durchschnitten, so tritt bei Reizung der gegenüberliegenden Kopfseite zunächst keine Bewegung auf; bei Reizvergrösserung geräth das Hinterbein der gereizten Seite in Bewegung.

Aehnlich wie mechanische Reizung wirkt auch elektrische, insbesondere die Schliessung von Kettenströmen oder die Application tetanisirender Inductionsschläge. Um störende Mitreizungen auszuschliessen, entfernt man am besten hier vorher Vorder- und Mittelhirn.

Sehr hübsch gestaltet sich der Versuch, wenn die eine Elektrode der einen, die andere der anderen Kopfhälfte anliegt. Die Versuchsanordnung ist hierbei folgende: Einem Frosche werden Grosshirnlappen und Lobi optici entfernt. Auf einem vertical befestigten Brettchen wird er dann so fixirt, dass der Körper vom Kopf bis zum Becken dem Brette fest anliegt, die hinteren Extremitäten frei beweglich über das Brett herunterhängen. Der Strom einer aus einer Reihe von Chromsäureelementen gebildeten Kette führt über eine Pohl'sche Wippe und einen Quecksilberschlüssel zu den zwei Platinelektroden, die in der Gesichtshaut befestigt sind oder besser unter die oberen Augenlider geschoben werden. Schliesst man den Strom, so tritt die charakteristische Reflexbewegung auf der der Kathode gegenüberliegenden Seite ein. Durch Wechseln der Stromrichtung hat man es in der Hand, bald das rechte, bald das linke Hinterbein in Thätigkeit zu setzen. Besonders die maximale Entfaltung der Schwimmhaut ist sehr deutlich. Das Bein der Kathodenseite bleibt freilich auch nicht ruhig. Hier treten anscheinend antagonistische Bewegungen auf. Knie- und Fussgelenk werden gebeugt,[1] der Fuss krallenartig zusammengezogen, die Zehen stark adducirt. Immer tritt die Mitaction dieses Beines nicht ein; vielleicht ist die Stromstärke von Einfluss. Die Oeffnung der Kette ist wenig wirksam.

Reiner tritt der contralaterale Reflex bei doppelseitiger Elektrodenlage und Anwendung tetanisirender Inductionsströme hervor. Bedient man sich hier der schwächsten, eben wirksamen Ströme — und schon sehr geringe Stromstärken werden hier durch Summation wirksam — so lässt sich auch hier immer die Kathodenseite als die allein reizende nachweisen, d. h. diejenige Seite, auf der die Kathode des Oeffnungsschlages liegt. In den secundären Kreis ist hier ausser dem nebenschliessenden Schlüssel der Stromwender aufgenommen.

Die angeführten Versuche dienen somit zugleich zum Beweise dafür, dass auch für die sensiblen Nerven oder deren Hautendigung das polare Erregungsgesetz Pflüger's Geltung hat.[2]

---

[1] Diese Beugung geschieht zuweilen rhythmisch.

[2] Bei dieser Gelegenheit will ich die Bemerkung nicht unterdrücken, dass mir diese elektrischen Reizversuche die Richtigkeit meiner früheren Angaben über die directe

Einige Versuche sind von mir auch ausgeführt worden, um den Ort festzustellen, an welchem bei diesem gekreuzten Reflex die Erregung auf die andere Körperseite übertritt. Es zeigte sich, dass er bestehen blieb, wenn gegenüber der Reizseite ein halbseitiger Schnitt durch das Mark dicht unter der Calamusspitze geführt worden war. Die Kreuzung findet also unterhalb des Kopfmarkes, vielleicht in sehr tiefen Regionen des Rückenmarkes statt.[1]

Endlich sei erwähnt, dass schon Sanders-Ezn[2] vielleicht den beschriebenen Reflex gesehen, nicht aber sein gekreuztes Auftreten erkannt hat. Ich verweise auf zwei Bemerkungen (S. 10 und S. 23) in seiner „*Vorarbeit für die Erforschung des Reflexmechanismns im Lendenmarke des Frosches*".

Reizbarkeit des Grosshirnlappen des Frosches zweifelhaft gemacht haben. (*Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.* 1876. Nr. 53.) Als ich vor zehn Jahren den betreffenden Versuch beschrieb, glaubte ich Reflexe aus verschiedenen Gründen ausschliessen zu können. So sah ich bei Aetherisirung den Erfolg der Grosshirnreizung viel früher schwinden und beim Wiedererwachen viel später wiederkehren, wie die spinalen Reflexbewegungen. Auch waren damals gekreuzte Reflexe überhaupt, ganz besonders aber die oben beschriebenen nicht bekannt. Für widerlegt halte ich die Richtigkeit meiner damaligen Angaben durch die hier beschriebenen Beobachtungen nicht; doch glaube ich selbst, dass eine erneute strenge Prüfung wünschenswerth ist. Leicht dürfte sie freilich nicht sein.

[1] Vergleiche dazu die Befunde Luchsinger's betreffs der spinalen Leitungsbahn seines „Trabreflexes". Pflüger's *Archiv.* Bd. XXVIII. S. 65.

[2] *Sitzungsberichte der Sächsischen Akademie.* Mai 1867.

Ueber einseitigen und doppelseitigen Lidschluss.

Von

O. Langendorff
in Königsberg.

Filehne[1] hat vor Kurzem über Versuche berichtet, die einige interessante Beziehungen des N. trigeminus zu der Haltung und den Bewegungen des Kaninchenohres aufdecken. Unter Anderem schildert er eine Reflexbewegung, die beim Streicheln der Wange auftritt; der Ohrlöffel der gereizten Seite erhebt sich und dreht sich nach aussen. Nur bei Verstärkung des Reizes betheiligt sich auch das andere Ohr.

Bei Wiederholung dieses hübschen und leicht zu bestätigenden Experimentes ist mir aufgefallen, dass sich beim Kaninchen im Trigeminusbereich noch ein anderer Reflex als streng einseitig erweist, nämlich der Lidreflex.

Nähert man beim Menschen einen fremden Körper dem Auge oder berührt man die Hornhaut, so schliesst sich bekanntlich das Lid dieses Auges. Gleichzeitig zuckt aber das des anderen Auges immer mit. Selbst bei möglichst schwacher Reizung ist das sicher festzustellen. Unter zahlreichen Personen, die ich untersuchte, vermochte keine einzige, falls sie nicht überhaupt den Blinzelreflex auch auf der Reizseite unterdrückte, die Mitbewegung der gekreuzten Seite zu hemmen.

Beim Kaninchen ist es anders. Hier zuckt nur das Lid des gereizten Auges, und erst bei Verstärkung des Reizes betheiligt sich das andere.

Dasselbe gilt für Meerschweinchen, Vögel und Frösche. Bei letzteren muss die Reizung recht derb werden, um die Hebung beider Nickhäute zu veranlassen. Hunde und Katzen verhalten sich oft wie der Mensch; doch ist bei ihnen einseitiger Lidschluss nicht selten.

---

[1] *Dies Archiv.* 1886. S. 432.

Eine Erklärung für das verschiedene Verhalten des Menschen und des Kaninchens zu geben, ist, wie mir scheint, nicht schwer. Wenn beim Menschen dem einen Auge eine Gefahr droht, die er durch Schliessung des Augenlides abzuwenden bestrebt sein muss, so ist wegen der Nähe des anderen Auges in sehr vielen Fällen auch für dieses Gefahr vorhanden. Aehnlich dem Gesichtsfeld ist das „Gefahrfeld", wenn ich so sagen darf, beiden Augen gemeinschaftlich. Wir haben uns deshalb gewöhnt, selbst einseitigen Traumen durch beiderseitigen Augenschluss zu begegnen. Wir haben die Verbindungen zwischen den beiderseitigen Reflexcentren, die vielleicht mit den Facialisursprüngen zusammenfallen,[1] so eingeübt, dass die Thätigkeit des einen sich auf das leichteste und deshalb schliesslich auch gegen unseren Willen auf das andere verbreitet.

Beim Kaninchen, dessen eines Auge nach der einen, dessen anderes nach der anderen Seite blickt, wird eine Schädlichkeit, die ein Auge bedroht, selten das andere mitbedrohen: jedes Auge hat sein besonderes „Gefahrfeld". Es lag darum keine Nöthigung vor, den Doppelreflex einzuüben, die Intercentralbahn einzuschleifen. Erst bei starken Reizungen wird sie deshalb betreten. Für gewöhnlich bleibt der Reflex einseitig. —

Das Verhalten des Lidreflexes erinnert an die unlängst von Luchsinger[2] wiedererwähnte, aber länger schon bekannte[3] Einseitigkeit des Pupillarreflexes beim Kaninchen. Luchsinger zeigte, dass, während bei Lichteinfall in ein Auge beim Menschen die Pupille sich beiderseits gleich stark verengert, bei dem getrennte Gesichtsfelder besitzenden Kaninchen die Iris des belichteten Auges sich viel stärker zusammenzieht, wie die des beschatteten. Knoll (a. a. O.) konnte beim Kaninchen eine Sympathie der Pupille des nicht gereizten Auges überhaupt nicht wahrnehmen, weder bei Belichtung noch bei mechanischer oder elektrischer Opticusreizung. Mir selbst ist oftmals die Ungleichheit der beiderseitigen Pupillen bei ganz unversehrten Kaninchen aufgefallen. Aehnliches wie für dieses Thier soll nach Knoll auch für die Eule gelten.

Mit der hier berührten Erscheinung des doppelseitigen Lidreflexes beim Menschen hängt die Thatsache zusammen, dass, wenn man ein Auge willkürlich schliesst, gewöhnlich auch das andere sich zwangsmässig an diesem Act betheiligt. Nur durch Uebung gelingt es Manchen, das eine Auge bei Verschliessung des anderen offen zu halten. Meistens bleibt auch dann

[1] Ueber den Ort des Blinzelreflexcentrums vergl. Exner in Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. VIII. S. 530.

[2] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XXXIV. S. 294.

[3] Vergl. Knoll in Eckhard's *Beiträgen zur Anatomie und Physiologie*. Bd. IV. S. 115.

das offen bleibende nicht wirklich von jedem Bewegungsimpuls verschont. Selbst bei sehr geübten Personen gelingt es oft, eine fast unmerkliche Anfangszuckung des Schliessmuskels nachzuweisen. Ich selbst habe das Gefühl, als ob ich das Offenbleiben meines einen Auges weniger der prompten Wirkung einer genuinen Hemmung, als vielmehr einer antagonistischen Wirksamkeit des Augenlidhebers verdankte.

Auch hierfür ist gewiss die Wegsamkeit der Verbindungsbahn zwischen den beiderseitigen Ursprüngen der Orbicularisäste des N. facialis als Ursache anzusehen; denn jeder Hirnrindenimpuls muss das entsprechende Segmentalcentrum durchsetzen, um den Orbicularmuskel zu erreichen.

Ist nun *A* der corticale Ausgangsort des Willensimpulses, *a* das zugehörende auf der gekreuzten Seite gelegene bulbäre Centrum der Orbicularisfasern des N. facialis, *B* und *b* die entsprechenden Punkte der anderen Seite, *ab* die erwähnte Intercentralbahn, so wird jeder von *A* oder von *B* kommende Impuls nicht nur *a* oder *b*, sondern, bei ihrer engen Verbindung, mit *a* zugleich *b*, mit *b* zugleich *a* beeinflussen.

Leicht erklärlich wird jetzt eine Erfahrung der Kliniker. Man weiss, dass bei Facialislähmungen, die cerebralen Ursprunges sind, nur äusserst selten Orbicularislähmung auftritt. So fand Exner[1] bei sehr zahlreichen in Folge von Rindenlaesionen entstandenen Lähmungen nur einmal den Schliessmuskel des entgegengesetzten Auges betheiligt. Vermuthlich genügen hier wegen der guten Wegsamkeit jener intercentralen Verbindungsbahn meistens die von der einen intacten Hemisphaerenrinde ausgehenden Impulse für die Innervation der beiderseitigen Muskeln.[2]

Für die Thiere werden diese Beobachtungen in willkommener Weise durch die Erscheinungen bei Reizung der entsprechenden Rindengebiete ergänzt. Beim Hunde tritt bei Reizung des dem Orbicularis palpebrarum zugehörigen Rindenfeldes sehr häufig nicht gekreuzter, sondern doppelseitiger Lidschluss ein. Ich selbst habe bei zahlreichen Versuchen an der Hirnrinde des Hundes leider zu wenig auf diesen Punkt geachtet, um sichere eigene Erfahrungen anführen zu können. Bei Schwellenreizen glaube ich allerdings nur einseitige (gekreuzte) Wirkung gesehen zu haben. Paneth[3] sah den doppelseitigen Effect oft von vornherein; war das nicht der Fall, so genügte leichte Verstärkung des Reizes, um ihn zu erzeugen.

---

[1] *Untersuchungen über die Localisation der Functionen in der Grosshirnrinde des Menschen.* 1881. S. 37.

[2] Vielleicht liegt auch der Restitution anderer nach Rindenlaesionen aufgetretener Störungen eine Einübung ähnlicher untergeordnete Centra verbindender Bahnen zu Grunde. Mir ist wohl bekannt, dass auch bei bulbären Lähmungen der M. orbicular. palpebrae oft verschont bleibt, und dass dies natürlich ganz anders erklärt werden muss.

[3] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XXXVII. S. 549.

Für das Kaninchen, dessen Verhalten hier von besonderem Interesse war, glaubte ich mich aus früheren Versuchen mit Bestimmtheit zu erinnern, dass hier nur gekreuzte Wirkung auftritt. Ich habe nicht unterlassen, noch einen besonderen Versuch zur Sicherstellung dieser Thatsache anzustellen. Es zeigte sich hierbei, dass vom Rindenfeld des Facialis aus selbst bei recht erheblichen Stromstärken nur das gekreuzte Augenlid zuckte, das gleichseitige vollkommen in Ruhe blieb; erst bei sehr bedenklicher Stromverstärkung erhielt ich doppelseitige Schliessung. Dieses Verhalten ist gewiss auffallend, wenn man sich vergegenwärtigt, dass gerade beim Kaninchen von jeder Hemisphaere aus sehr leicht doppelseitige Bewegungen der Extremitäten erzeugt werden können.[1]

Auch Ferrier[2] giebt für das Kaninchen (bei Reizung der Region 8) an: Schliessen des anderen Auges, mit Erheben der Wange u. s. w. Dieses Zeugniss ist um so unverdächtiger, als Ferrier's meist zu grosse Stromstärken ihn eher ein Zuviel als ein Zuwenig haben beobachten lassen.

Beim Kaninchen ist die Intercentralbahn *a b* wohl vorhanden, aber nicht geübt; damit sie beschritten werde, sind daher stärkere corticale oder reflectorische Impulse nothwendig.

---

[1] Vergl. Exner, *Wiener Sitzungsberichte.* Abth. III. Bd. LXXXIV. S. 185.

[2] Ferrier, *Die Functionen des Gehirns.* Uebersetzt von Obersteiner. 1879. S. 172.

Ueber die Folgen der Resection der elektrischen Nerven des Zitterrochen.

Von

Prof. Dr. W. Krause
in Göttingen.[1]

Im Jahre 1873 entdeckte Boll[2] ein eigenthümliches Structurverhältniss in den elektrischen Endplatten von Torpedo: die von ihm sogenannte elektrische Punktirung. Später stellte sich heraus, dass dasselbe schon von Remak[3] gesehen war, indem nämlich Punkte in der Flächenansicht der elektrischen Platten, cylindrische Stäbchen auf deren Querschnitt oder Umschlagsfalten erschienen; Boll hatte die erstere, Remak die letztere Ansicht seiner Beschreibung zu Grunde gelegt. Von Hrn. Ranvier[4] wurden die Remak'schen Palissaden als cils électriques bezeichnet und einer elektrischen Bürste verglichen. Boll[5] hatte dieselbe Streifung auch in den elektrischen Endplatten von Malopterurus nachgewiesen; Ciaccio[6] erklärte jene elektrischen Cilien für knopfförmig gestielte, den terminalen Nervenfasern in der elektrischen Platte bei Torpedo ansitzende Gebilde, die Hr. Trinchese[7] neuerdings „Neurococci" genannt und denselben eine äusserst weite Verbreitung zugeschrieben hat.

---

[1] Aus den *Sitzungsberichten der kgl. Preussischen Akademie der Wissenschaften* vom 22. Juli (vorgelegt am 8. Juli, ausgegeben am 15. Juli) 1886. 2. Hlbbd. S. 675 bis 680. — S. auch *Mathematische und Naturwissenschaftliche Mittheilungen* u. s. w. 1886. S. 443—448.

[2] *Archiv für mikroskopische Anatomie.* Bd. IX. S. 101.

[3] *Dies Archiv.* 1856. S. 467.

[4] *Leçons sur le système nerveux.* 1878. T. II. p. 139.

[5] *Archiv für mikroskopische Anatomie.* 1873. Bd. X. S. 242.

[6] *Memorie dell' Accademia delle Scienze di Bologna.* 1877. Ser. III. T. VIII.

[7] Rendiconti dell' Accademia dei Lincei. *Cl. di Scienze morali, stor. e filolog.* 1885.

Schon von Boll[1] war eine Notiz des Inhalts veröffentlicht, dass er seine sogenannte elektrische Punktirung auch in den motorischen Endplatten von Eidechsenmuskeln wahrgenommen habe. Vorausgesetzt, jene Punktirung sei wirklich eine Art von Nervenendigung, so lag hier offenbar ein fundamentales Structurverhältniss vor. Mit meinen bisherigen Hülfsmitteln hatte ich bei Lacerta agilis nichts von der sogenannten elektrischen Punktirung aufzufinden vermocht und war dabei zu der Ueberzeugung gekommen, dass es nothwendig sein werde, zuerst die Punktirung im elektrischen Organ selbst gesehen zu haben. Auf meinen Antrag hatte die Königliche Akademie die Güte, mir ausser einer Reiseunterstützung einen freien Arbeitstisch in der zoologischen Station des Hrn. Professor Dohrn zu Neapel zu bewilligen. Die Königlich Preussische Staatsregierung fügte dazu die Bewilligung eines Arbeitstisches für weitere Zeitdauer. Ich darf mir erlauben, an dieser Stelle sowohl der Königlichen Akademie wie dem Königlichen Cultusministerium meinen aufrichtigsten Dank auszudrücken für den Einblick, der mir in die Structuren der Meeresfauna verschafft worden ist.

Ich brachte die Zeit vom October 1885 bis März 1886 in Neapel zu und kann nur rühmend hervorheben: die treffliche Organisation der zoologischen Station, das liebenswürdige, bereitwilligste Entgegenkommen aller ihrer Leiter und Beamten, ihren Reichthum an wissenschaftlichen Hülfsmitteln jeder Art und die Ueberfülle des Materiales aus dem Golfe von Neapel.

Ich war reichlich mit vorzüglichen optischen Instrumenten versehen. Meine Untersuchungen erstreckten sich auf die motorischen Endplatten von Torpedo und die pseudoëlektrischen Organe der Rochen, die Retina von Meeresfischen, sowie auf das eingehend von mir studirte morphologische und mikrochemische Verhalten der Gallertsubstanz der elektrischen Endplatten von Torpedo, schliesslich auf deren Entwickelungsgeschichte. Eine grosse Menge Untersuchungsmaterial, dessen Ausnutzung noch längere Zeit erfordern dürfte, habe ich wohl conservirt nach Deutschland zurückgebracht. Ueber dies Alles kann hier nicht berichtet werden, ich beschränke mich vielmehr zunächst auf die Resultate einer Experimental-Untersuchung.

Ursprünglich hatte ich die sogenannte elektrische Punktirung wie die oben genannten Forscher für eine Art von Nervenendigung gehalten und die Anzahl der Punkte auf einem Quadratmillimeter der elektrischen Platte bei Torpedo an Überosmiumsäure-Praeparaten zu durchschnittlich ungefähr einer Million bestimmt. Brieflich machte mich jedoch Hr. E. du Bois-Reymond darauf aufmerksam, dass nach seiner Meinung das in Rede

[1] *Archiv für mikroskopische Anatomie.* 1873. Bd. X. S. 253.

stehende Structurverhältniss unmittelbar nichts mit der Elektricitätserzeugung zu thun habe. Er glaubt vielmehr, dass dasselbe, „dem Stäbchensaum des Darmepithels vergleichbar, nur den Sinn habe, den Stoffwechsel der elektrischen Platte zu erleichtern, indem dadurch Hrn. Brücke's unächten Lösungen, Graham's colloïden Stoffen, welche wegen der Grösse ihrer Molekeln structurlose Membranen schwer durchdringen, schnell der Durchgang verstattet werde". In dieser Weise spricht sich Hr. du Bois-Reymond in seiner Bearbeitung der Sachs'schen Untersuchungen aus,[1] und Hr. Fritsch hat sich ihm, in dem von ihm verfassten Anhang zum Werke, mit der Bemerkung angeschlossen, dass „die Boll'sche Strichelung seiner Ueberzeugung nach ein Gerinnungsphaenomen in einer porösen Membran darstelle".[2] So sicher es nun aus anderen Gründen ist, dass die Palissaden weder nervöse Knöpfe noch elektrische Cilien sind, schien es mir doch nicht überflüssig, die Methode der Nervenresection, welche ich[3] früher schon oft auf Fragen über die letzte Endigung sensibler und motorischer Nerven angewendet hatte, mit besonderer Rücksicht auf das Verhalten der sogenannten elektrischen Punktirung zu versuchen.

Es kam dabei darauf an, die Zitterrochen hinlänglich lange Zeit am Leben zu erhalten; es sollte daher vermieden werden, den Thieren grosse Wunden beizubringen (vergl. unten). Deshalb wurde nur ein relativ kleiner Nerv des elektrischen Organs durchschnitten und hierfür bot sich naturgemäss der sogenannte R. electricus nervi trigemini als geeignet dar.

In Wahrheit ist nun dieser sogenannte R. electricus n. trigemini reilich ein Ast des N. facialis, als welchen ich denselben bereits früher[4] bezeichnet hatte. Wie mir Hr. Dohrn an Serienschnitten von Torpedo-Embryonen zeigte, lässt sich an solchen der betreffende Ast bis in die Portio intermedia n. acustici verfolgen, welche letztere ausschliesslich in den genannten Ramus übergeht. Im erwachsenen Thier wird der Ast beim Austritt aus der knorpeligen Schädelkapsel, durch das Foramen des N. trigeminus hindurch, von letzterem vermöge eines Fortsatzes der Dura mater vollkommen getrennt, wie schon Sihleanu[5] angab. Verfolgt man den Ast mit dem Scalpell proximalwärts, so sieht man den Spaltraum zwischen ihm und dem N. trigeminus immer grösser werden. An der Medulla oblongata angekommen, schliesst der Nervenzweig caudalwärts absteigend sich den

---

[1] Carl Sachs' *Untersuchungen am Zitteraal.* 1881. S. 291.

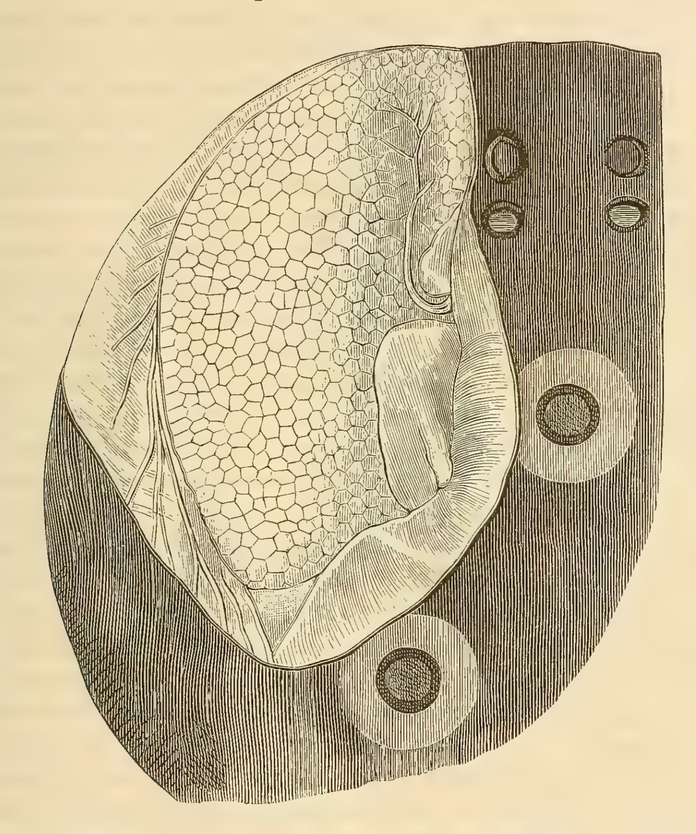
[2] *Daselbst,* S. 391.

[3] *Die terminalen Körperchen der einfach sensiblen Nerven.* Hannover 1860. — *Beiträge zur Neurologie der oberen Extremität.* Leipzig und Heidelberg. 1865. — *Die motorischen Endplatten der quergestreiften Muskelfasern.* Hannover 1869.

[4] *Allgemeine und mikroskopische Anatomie.* 1876. S. 486.

[5] *De pesci elettrici e pseudo-elettrici.* Napoli 1876. p. 21.

Wurzelbündeln des N. facialis an, während der N. trigeminus mehr horizontal in die Medulla oblongata eindringt. — Offenbar ist die allgemein verbreitete irrthümliche Bezeichnungsweise des Nerven als Zweig des N. trigeminus dadurch entstanden, dass man sich begnügte, ersteren bis zur Austrittsstelle aus der Schädelkapsel zu verfolgen.



Linke vordere Hälfte einer Torpedo ocellata mit fünf Augenflecken, der R. electricus des N. facialis und der vordere Theil des elektrischen Organes ist an der linken Seite freipraeparirt. Körperlänge des Thieres 34 cm, grösste Breite 20 cm. Die Zeichnung ist von dem Zeichner der zoologischen Station in Neapel, Hrn. Merculiano, nach der Natur ausgeführt und nachher auf $^2/_3$ reducirt worden. Man sieht: Die Augen; ihre Lider sind geschlossen. — Die Spritzlöcher hinter den Augen. — Das elektrische Organ theilweise freipraeparirt mit den polygonalen Enden der elektrischen Prismen oder Säulen. — Den R. electricus des N. facialis. — Den R. palatinus n. facialis, einen kleinen, vor dem R. electricus quer über den Unterkieferknorpel verlaufenden Nervenzweig. — Den Unterkiefer, an dessen hinterer dorsaler Ecke der R. electricus n. facialis hervortritt. — Die dorsale Ecke des fünften Kiemenbogens viel weiter nach hinten gelegen. — Die Lorenzini'schen Schleimcanäle, lateralwärts die Strahlen des Brustflossenrandes kreuzend.

Das Operationsverfahren ist überaus einfach. Der Fisch liegt auf dem Bauche, auf einem Praeparirbrett. Man fühlt nach dem lateralen Ende des knorpeligen Unterkieferbogens, wo derselbe mit dem Oberkiefer articulirt. Eine Verwechselung mit der weiter caudalwärts und lateralwärts gelegenen dorsalen Ecke des fünften Kiemenbogenknorpels ist nach einem Blick auf die Abbildung (S. 151) ausgeschlossen. Unmittelbar caudalwärts von, oder hinter jenem lateralen, knopfförmigen Ende des Unterkieferbogens steigt ein starker Ast des N. facialis von der Dorsalseite her ventralwärts herab, um sich in dem medialen und cranialwärts gelegenen Theil des elektrischen Organes zu verzweigen; dies ist der R. electricus n. facialis. Ein vorderer Zweig des R. electricus versorgt den Apparatus follicularis von Savi; der hintere verzweigt sich, ziemlich parallel der Körperaxe cranialwärts verlaufend, wie gesagt im cranialen Abschnitt des elektrischen Organes.

Man macht mit dem Scalpell einen transversalen Hautschnitt von 1 bis 2^{cm} Länge nahe caudalwärts vom lateralen, knopfförmigen, linken Ende des Unterkiefers, dringt mit Scalpellstiel und Pincette in die Tiefe, fasst das Perineurium des R. electricus mit einer Pincette, durchschneidet den ersteren mit einer feinen Scheere und resecirt ein Stück des peripherischen Abschnittes von $10-12^{mm}$ Länge. Das Thier verhält sich meist so ruhig, dass es gar nicht gehalten zu werden braucht und giebt auch keine stärkeren elektrischen Schläge, falls es nicht zufällig ganz frisch eingefangen sein sollte. Benutzt wurden grosse, $41-52^{cm}$ lange Exemplare von Torpedo marmorata und ocellata; zum Theil waren sie erst vor einigen Stunden in's Netz gegangen. Die Lorenzini'schen Kanäle, denen man in der Wunde begegnen kann, werden mit stumpfen Haken zur Seite gezogen. Die Hautwunde kann man zunähen. Nach der Operation, bei der kein Blutstropfen fliesst, bewahrt man die Zitterrochen zwischen den übrigen im Aquarium auf.

Nach 16—30—35 Tagen wurden die operirten Thiere getödtet, indem man sie auf einem Tisch auf den Rücken legt und einen mit Chloroform getränkten Baumwollenbausch mit der Pincette in den Mund bringt. Sie sterben sehr rasch. Bei der Section findet sich die Wundgegend in der Tiefe mit Blut infiltrirt, das freigelegte Organ sieht für das freie Auge vollkommen unverändert aus. Will man auch die Rr. electrici des N. vagus durchschneiden, so muss man eine sehr lange Hautwunde anlegen, die gar nicht exact zu schliessen ist, das Seewasser dringt also ein, verändert die Farbe und Beschaffenheit des elektrischen Organes. Ausserdem treten, wie man weiss, secundäre Entzündungserscheinungen[1] auf, was Alles bei der hier befolgten Methode vermieden wird. Da es in Betreff der sogenannten elek-

[1] Vergl. Ranvier, *Leçons sur le système nerveux.* 1878. T. II. p. 210, 213.

trischen Punktirung darauf ankam, die Thiere relativ lange und vollständig gesund am Leben zu erhalten, so schien es wie oben gesagt gerathen, sich auf die Durchschneidung jenes viel kleineren R. electricus n. facialis zu beschränken.

Je nach der Zeitdauer, die nach der Resection verstrichen ist, zeigen sich die bekannten Gerinnungserscheinungen des Nervenmarkes, sowohl in den Fasern des peripherischen Nervenstumpfes, als in den doppeltcontourirten Nervenfasern der elektrischen Lamellen mehr oder weniger weit fortgeschritten; bekanntlich ist der Stoffwechsel bei der Torpedo nur langsam. Während die Terminalfasern des scheinbaren Endnetzes in der elektrischen Platte allmählich unzweifelhaft atrophisch, die Maschen des Netzes daher weiter und unregelmässiger werden, liess die sogenannte elektrische Punktirung nicht die geringste Veränderung wahrnehmen, mochte nun das Praeparat frisch vom eben getödteten Thiere genommen in der Flüssigkeit des elektrischen Organes selbst untersucht werden, oder nach zweitägiger Härtung in Ueberosmiumsäure, Tingirung mit Säurefuchsin u. s. w. Zur Vergleichung wurden stets Theile des Organes, deren Nerven nicht durchschnitten waren, auch wohl der nicht-operirten Körperseite herangezogen. Ebenso wenig liess sich an der Gallertsubstanz der elektrischen Endplatten nach fünf Wochen eine Veränderung wahrnehmen, höchstens sieht dieselbe ein wenig trüber und etwas mehr körnig aus.

Da die sogenannte elektrische Punktirung nach Nervenresectionen sich nicht verändert, so kann sie keinenfalls länger für eine Nervenendigungsform gehalten werden. Wenigstens scheint dieser Schluss erlaubt, wenn man bedenkt, dass die elektrischen Nerven unzweifelhaft gewöhnlichen motorischen Nerven homolog sind, welche letzteren sowie ihre zugehörigen motorischen Endplatten nach Nerven-Resectionen ausnahmslos entarten. Immerhin mag es gestattet sein, auch noch auf die anderweitigen, oben angedeuteten, rein morphologischen Unterstützungen desselben Schlusses zu verweisen.

Die punktförmig begrenzte Reizung des Froschrückenmarkes.

Von

W. Sirotinin.

(Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.)

(Hierzu Taf. II.)

Aus einer Reihe mit Sorgfalt durchgeführter Untersuchungen ist bekannt, dass die Reizung des Rückenmarkes, wenn sie an dessen centralem Ende angebracht ist, geordnete Bewegung in den Gliedern hervorruft, welche von den tiefer entspringenden Nerven versorgt werden und dass zu den Bahnen, auf welchen sich die Erregung fortpflanzt, die Seiten- und wahrscheinlich auch Abschnitte der Vorderstränge gehören. Umgekehrt bedingt eine Reizung unterwärts gelegener Querschnitte Reflexbewegungen in Körpertheilen, die ihre motorischen Nerven aus oberhalb gelegenen Wurzeln beziehen. Endlich wissen wir, dass ein sehr vorübergehender Eingriff in die Gangliensäulen des grauen Vorderhorns in den dort entspringenden Nerven eine mächtige und andauernde tetanisirende Erregung erzeugt.[1] Wenn die bisher benutzten Methoden vollauf ausreichen zur Feststellung der eben genannten wichtigen Sätze, so genügen sie doch nicht zur Reizung engumgrenzter Gebiete, durch welche ein Aufschluss über die mit dem Orte

[1] Nachzusehen wären namentlich: A. Fick und Engelken, *dies Archiv*, 1867 und Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. II. — Woroschiloff, *Arbeiten aus dem physiologischen Institut zu Leipzig*. 1874. — Birge, *dies Archiv*, 1882. — Kronecker und Nikolaides, *dies Archiv*, 1883. — Biedermann, *Sitzungsberichte der Wiener Academie*. Bd. LXXXVII. 3. Abth.

wechselnde Leistung zu gewinnen wäre. Inwieweit hierzu ein neues, mir von Hrn. Prof. C. Ludwig empfohlenes Verfahren dienen könne, soll in der folgenden Abhandlung gezeigt werden.

Unter zahlreichen möglichen wählte ich mir als Aufgabe die Lösung der Frage, ob durch die räumlich eingeengte Reizung verschiedener Orte des Rückenmarkes Ungleichartigkeiten der Zusammenziehung in den verschiedenen Muskeln des Beins zu erzeugen seien. Die Reizungen wurden am Rückenmark des Frosches ausgeführt; drei Muskeln, Ileopsoas, Semitendinosus und Gastrocnemius dienten als Prüfungsmittel.

Hülfsmittel und Bedingungen, unter welchen die Beobachtungen ausgeführt wurden, waren die folgenden.

Vorbereitung der Muskeln und des Rückenmarkes. Der Eröffnung des Wirbelcanals ging die Abtödtung des Hirns vorher; sie wurde bewirkt von einer unmittelbar über dem Atlas angelegten Oeffnung aus durch ein in die Schädelhöhle eingetriebenes Holzkeilchen. Leicht gelingt es, den Handgriff ohne jeglichen Blutverlust auszuführen.

Unmittelbar darauf wurden die Muskeln aufgesucht, ihre Sehnen von den unteren Ansatzpunkten abgetrennt und das freie Ende eines jeden derselben mit einem biegsamen Faden fest umschnürt. Vor dem Aufsuchen der Muskeln empfiehlt es sich, die A. iliaca zu unterbinden, um Blutungen vorzubeugen, und nach dem Auffinden der Sehne des Ileopsoas thut man gut, natürlich unter sorgfältiger Schonung der Nerven und Gefässe, die ausser Betracht fallende Musculatur des Oberschenkels zu entfernen; hierdurch erreicht man den Vortheil, die Sehne des Ileopsoas in eine zu den Schreibstiften bequeme Lage bringen zu können.

Die Eröffnung des Wirbelcanals muss rasch, ausgiebig und unter Vermeidung von Blutung geschehen, weil sich nur unter dieser Bedingung die Reizbarkeit auf der zu den Versuchen durchaus nöthigen Stufe erhalten lässt. Auf das Ausbleiben der Blutung aus den Wirbelvenen lässt sich nur dann rechnen, wenn der Strom in dem Unterleib vollkommen frei bleibt, jeder Druck auf den Bauch bedingt sogleich eine Blutung; daneben aber ist es nothwendig, die Wirbel ruhig festzuhalten, damit den die Knochen zerschneidenden Werkzeugen eine sichere Grundlage geboten wird. Beide Bedingungen sind erfüllt, wenn die Querfortsätze der gesammten Wirbelsäule beiderseits von den Backen *ff* der in Fig. 1 *A* u. 1 *B* gezeichneten Klemme gehalten wird. Sind die Querfortsätze dort befestigt, so hängt der Bauch des Frosches frei in dem Raum zwischen den beiden ausgebogenen Armen der Klemme. — Soll der enthirnte Frosch in die Klemme eingespannt werden, so befestigt man die letztere mittelst des Stabes *a* in einem Schraub-

stock. Alsdann spaltet man die Rückenhaut des Frosches vom Kopf bis nahe zum After hin und schiebt nun die Querfortsätze einer Körperhälfte zwischen die beiden Blätter eines der beiden Backen *f*; gleichzeitig zieht man durch die bei *f* stehende Schraube das obere Blatt des Backens fest gegen das untere an, womit einerseits die Befestigung der Wirbelsäule vollendet ist. Hierauf nähert man mittelst der bei *g* stehenden Schraube den zweiten bisher entfernter gelegenen Arm der Klemme *e* dem Rückgrat des Frosches so lange, bis das untere Blatt seines Backens unter die noch freien Querfortsätze hineinreicht; ist man dort angelangt, so schraubt man auch hier das obere Blatt *f* gegen das untere. Dann ist die Wirbelsäule im Ganzen und sind die einzelnen Wirbelkörper untereinander festgestellt. Wenn darauf die Rückenmuskeln, was jetzt blutlos geschieht, abgeschnitten sind, so lassen sich die Wirbelbogen, und zwar sämmtliche in einem Zuge, durchsägen, je nach Belieben mit einer einfachen oder einer Doppelsäge, und dann mit einer Pincette herausheben. Auch dieser Theil der Operation vollzieht sich blutlos und ohne jegliche Schädigung des Rückenmarkes.

Um nicht noch einmal auf die Beschreibung der Wirbelklemme zurückkommen zu müssen, füge ich hier gleich hinzu, dass das Grundstück der Klemme einen Zapfen trägt, der in die Hülse *b* hineinpasst, so dass sich die Arme der Klemme im Kreis drehen lassen. Um eine solche Drehung in einem beliebigen Grad zu bewirken und gleichzeitig die Klemme auf dem einmal gegebenen Stand festzuhalten, ist auf den Umfang des Zapfens ein Band feiner Zähne eingeschnitten, in welchen ein Trieb eingreift, welcher durch eine seitliche Oeffnung bei *c* in das Innere der Hülse hineinragt und durch den Kopf *d* gedreht werden kann.

Einfügung des Frosches in Vorrichtung zum Aufschreiben der Zuckungen, siehe Fig. 2. Nach der ausgiebigen Eröffnung des Rückenmarkes wird der Stiel der Klemme, welcher die Wirbelsäule steift und festhält, in den allgemeinen Träger eingesetzt. Die Hülse *a*, welche den Stiel der Klemme *b* aufnimmt, ist an einem Hohlprisma *c* befestigt, das über ein eisernes Vollprisma gesteckt wird. Eine der Flächen des Vollprisma's *e* ist gezähnelt, in die Zähne greift ein an dem Hohlprisma befestigter Trieb *d*, vermöge dessen die Wirbelklemme senkrecht auf und ab bewegt werden kann. — Hiermit ist die Wirbelsäule in ihrem unteren und mittleren Theile fest eingespannt; um eine gleich sichere Stellung auch dem oberen Ende zu gewähren, werden nun in die Wirbelklemme drei Eisenstäbchen *g*, *h*, *i* eingeschraubt, auf welchen sich je eine Hülse bewegen und feststellen lässt. In jeder der Hülsen lässt sich ein Zängelchen einpassen und verschieben, welche den Schädel vorn und an den beiden Seiten angreifen. Von den drei Zängelchen ist in der Zeichnung nur das obere *f* wiedergegeben. Mittelst der drei Zängelchen lässt sich also der Schädel unverrückbar

befestigen, zugleich aber der Atlas so weit spannen, dass nun auch der ausserhalb der Klemme liegende Abschnitt der Wirbelsäule feststeht. — Die Fäden, welche von den Sehnen des befestigten Frosches herabhängen, werden alsdann an die Stifte gebunden, an denen die Nadeln angebracht sind, welche die Zuckungsmarken auf das berusste Papier einschreiben sollen, das über den rotirenden Cylinder gezogen ist. Zur senkrechten Führung der Stifte, welche die schreibenden Nadeln tragen, stand mir eine Reflexharfe zu Gebote, über deren Bau die Abhandlung von Lombard[1] Auskunft giebt. In meiner Fig. 2 ist, der besseren Uebersicht wegen, die Verbinduug nur eines Muskels mit dem Schreibstift gezeichnet.

Das elektrische Signal. — Obwohl die Muskeln mit den von ihren Sehnen herablaufenden Fäden durch das Gewicht der Schreibstifte und die an ihrem unteren Ende befestigten 3 ^{grm} schweren Messingcylinder soweit gespannt waren, dass sie alsbald nach dem Eintritt der Zuckung eine von der Abscisse sich erhebende Linie zeichneten, so wurde es bei der Ausführung der Versuche doch bald deutlich, dass eine noch feinere Markirung des Zuckungsbeginns nothwendig sei. Um eine solche zu gewinnen, bediente ich mich nach dem Vorgange Tigerstedt's eines elektromagnetischen Signals. Seines einfachen und leicht verständlichen Baues wegen habe ich auf eine bildliche Darstellung desselben verzichtet. — Aus der constanten Batterie ging ein starker Draht hervor, der sich nach kurzem Verlauf in drei von einander isolirte Zweige spaltete. Ein jeder der Zweige umspann ein Hufeisen, über dessen Endflächen ein Anker sass, welcher einen Schreibstift trug. In passender Entfernung von einander waren die Anker vor dem kreisenden Cylinder aufgestellt, so dass sie bei der Entmagnetisirung des Hufeisens eine senkrechte Linie auf das Papier eintrugen. Aus jedem der drei Hufeisen setzte sich eine feine Drahtspirale fort, welche an je einem der Stahlstifte befestigt war, die von den Muskeln aus gehoben wurden. Der Strom, welcher in die Stahlstifte eingedrungen war, ging in das an ihrem Ende angesteckte Messingcylinderchen über. Die Endfläche jedes der Messingcylinderchen, welche glatt abgeschnitten und polirt war, ruhte auf dem ebenen Knopf einer feinen Metallschraube, von welcher aus die Stromleitung zur Batterie zurückkehrte. Mittelst der Schraube liess sich die Berührung des Messingcylinderchens am Ende der Muskelstifte gegen den Schraubenkopf sehr fein einstellen, so dass auch die geringste Hebung den Strom öffnete. Die Empfindlichkeit des Signals erwies sich so gross, dass dasselbe nur in einem vor jeder Erschütterung des Bodens geschützten Zimmer zu gebrauchen war.

---

[1] *Dies Archiv.* 1885. S. 423.

Reiznadel und ihre Führung durch die Schlitten. — Als Reiz für das Rückenmark sollte mir zunächst der Einstich einer feinen Stahlnadel dienen, welcher an beliebig gewählten Orten des Rückenmarkes ausgeführt werden sollte.

Die Nadel. — Auf einer Länge von etwa 3 mm war an die Spitze einer feinsten, stahlharten Nähnadel eine lancettförmige Schneide geschliffen. Der kleinere Durchmesser des Schliffs betrug 0·08 bis 0·10 mm, der längere um ein wenig mehr. — Unter der Voraussetzung, dass der Stahl hart und die Schneiden scharf sind, dringt die Nadel ohne sich zu biegen in das Rückenmark ein.

Um eine Vorstellung von der zergliedernden Befähigung der Nadel zu gewinnen, kann man zunächst die Ausmaasse der Nadel mit denen des Rückenmarkes vergleichen. Nach meinen Messungen hatte das Rückenmark der von mir benutzten Frösche an seinen dünnsten Orten eine Breite von 2·5 mm, also von der Mittellinie bis zum äusseren Umfang eine halbe Breite von 1·25 mm. Demnach können in die Hälfte des Markes bequem zehn Stiche nebeneinander von der Rücken- zur Bauchseite hin geführt werden. — Aus einer Vergleichung der Querschnittsflächen von Nadel und Rückenmark ergiebt sich selbstverständlich ein viel günstigeres Verhältniss für die zergliedernde Befähigung der Nadel. Setzen wir, was ohne wesentlichen Verstoss gegen den Sachverhalt geschehen kann, eine cylindrische Gestalt der beiden Gebilde voraus, so würde die Querschnittsfläche der Nadel, ihren Durchmesser = 0·1 mm angenommen, = 0·0075 □mm, die des Rückenmarkes = 4·844 □mm betragen. Sonach würden auf dem Rückenmarksquerschnitt mehr als 60 Nadelstiche Platz finden.

Um zu dem wichtigeren Aufschluss zu gelangen, wie viel Nervenfasern durch den Einstich der Nadel zerschnitten werden können, wird auf die Messungen der Faserdicke Rücksicht zu nehmen sein, welche Birge[1] an den motorischen Wurzeln der VI. bis IX. Rückenmarksnerven des Frosches vorgenommen hat. Aus ihnen berechnet sich, dass um den Querschnitt einer Nadel von 0·0075 □mm zu decken, im Mittel die Querschnitte von 42 Nervenfasern nöthig sind. Je nach der Richtung, welche die Längsachse der Nadel zum Verlauf der Faserung nimmt, wird unter gegebenen Voraussetzungen die Grösse der Zerstörung verschiedenartig ausfallen. Ein Stich, welcher der Faserrichtung entlang folgt, wird, wie tief er auch eindringt, nur sich auf die Zerschneidung von 42 Nervenröhren beschränken. Wenn dagegen die Nadel unter einem rechten Winkel zum Längsverlauf der Fasern eingestochen war, so wird im ersten Anfang die Zahl der

[1] *Dies Archiv.* 1882. S. 443.

getroffenen Fasern nur 6 bis 7 betragen, dagegen werden bei einem Fortschreiten der Nadeltiefe nur um 0·1 mm schon etwa 60 Fasern zerschnitten sein. Nun hat man allerdings den Grad der Einstichstiefe in der Hand, entweder indem von vornherein bestimmt wird, wie tief die Nadelspitze unter die Oberfläche des Markes eindringen soll, oder dadurch, dass die Nadel absatzweise um bestimmte Längenmaasse vorgeschoben wird. Im letzteren Falle wird der zweite Vorstoss der Nadel erst dann zu vollführen sein, wenn sich die in den Muskeln sichtbar gewordenen Folgen des ersten wieder beruhigt haben. — Zwischen den beiden soeben erörterten Grenzfällen liegen entsprechend den Richtungen, welche die Faserung einschlägt, zahlreiche andere eingeschlossen. — Wie die letztere auch beschaffen sein mag, immerhin lässt sich die Zahl der zerstörten im Verhältniss zu den im Rückenmark vorhandenen Fasern als eine beschränkte bezeichnen.

Anstatt der bisher bevorzugten Möglichkeit kann auch eine andere bestehen: vor der Nadel können die Fasern ohne sich durchschneiden zu lassen, nach der Seite hin ausweichen. Damit würde die Nadel über das Bereich der unmittelbar berührten Fasern hinauswirken, wie weit lässt sich nicht wohl angeben, aber jedenfalls lässt sich das in Mitleidenschaft gezogene Gebiet durch ein Schutzmesserchen abgrenzen.

Gern hätte ich statt einer auf nur wahrscheinliche Annahmen gegründeten Schätzung eine unmittelbare Prüfung der an jedem Rückenmark angerichteten Zerstörung ausgeführt, indess die mir zur Untersuchung verfügbare Zeit hat die beabsichtigte Ausführung nicht gestattet.

Durch den Nadelreiz wird sich mindestens entscheiden lassen ob in den weissen Strängen die functionell gleichartigen Fasern zu Bündeln zusammengefasst sind, sodass ein weisser Strang aus einer Summe von Zügen bestehe, von denen jeder mit einer besonderen von dem Nachbar unterschiedenen Leistung begabt ist, oder ob durch die ganze Dicke eines weissen Stranges hin die ungleich functionirenden Fasern in einem gleichmässigen Gemenge liegen. Besonders förderlich für zu erlangenden Aufschluss wird es sein wenn die Nadel mit ungleich tiefem Einstiche auf einer zur Längenachse des Markes senkrechten Linie von aussen nach innen und wenn sie in verschiedenen Ebenen von dem Rücken zur Bauchfläche hin geführt wird.

Die Schlitten Siehe Fig. 3. — Um es möglich zu machen, dass die Stiche regelmässig auf einer im voraus bestimmten Linie ausgeführt werden konnten, musste die Nadel nach zwei senkrecht zu einander stehenden Richtungen zu führen sein. Hierzu dienten zwei Schlitten, deren gemeinschaftlicher Rahmen *b b* vor und über dem Rückenmarke aufgestellt war.

Aus dem Rahmen ging in horizontaler Richtung ein starker Stab hervor, der in einiger Entfernung von seinem Ursprunge ein Hohlprisma trug, das auf einem stählernen Vollprisma *f* aufgesetzt war. Mittelst eines Triebes konnte die prismatische Hülse auf dem vollen Prisma auf und ab bewegt werden. — Auf dem unteren Ende dieses ersten des senkrecht gestillten Vollprisma's war wiederum eine prismatische Hülse befestigt, welche sich mittelst eines Triebes auf einem horizontal gestellten Vollprisma *e* von hinten nach vorn bewegen liess. Das zweite Prisma sass unverrückbar befestigt an dem Stiele der Wirbelklemme. Mittelst der beiden Triebe konnte, wie man sieht, der Rahmen derart bewegt werden, dass er sich der Klemme, in welcher Wirbel eingespannt waren, von hinten nach vorn, oder von oben nach unten näherte oder entfernte. An diese eine gröbere Einstellung gestattende Einrichtung, schloss sich eine andere mikrometrische an. Die letztere bestand aus zwei senkrecht gegeneinander beweglichen Schlitten. Einer derselben, der senkrecht verschiebbare, lief in dem Rahmen *b b*, Auf ihm sass der zweite in wagerechter Richtung bewegliche. Ein jeder der beiden Schlitten wurde durch je eine Mikrometerschraube in ihrer Führung weiter hin und her geschoben. — Auf der freien Fläche des vorderen der beiden Schlitten war der Träger der Nadel befestigt, welcher aus einem den Rahmen der Schlitten nach unten überragenden Stiel und aus einer cylindrischen Hülse *a a* bestand. Im Inneren der letzteren lag eine Spiralfeder, durch deren Lichtung ein Stäbchen lief, das einerseits einen Knopf andererseits eine Klemme zur Aufnahme der Nadel trug. War der Knopf gegen die Hülse hin gedrückt worden so spannte sich gleichzeitig mit dem Vorschieben der Nadel die Feder, sodass mit dem Nachlasse des äusseren Druckes sich die Nadel gegen ihre frühere Lage zurückbewegte. Wenn man statt des Zurückschnellens das Verbleiben der vorgeschobenen Nadel in der neuen Lage zu erzielen wünschte, musste selbstverständlich die Spiralfeder entfernt werden.

Vermöge der beschriebenen Vorrichtungen war der Parallelismus der Ebene, in welcher die Schlitten und die hintere Fläche des Rückenmarkes lagen, gesichert; andererseits aber blieb es nicht ausgeschlossen, dass die Mittellinie des Rückenmarkes mit den senkrecht herabsteigenden Kanten des Schlittenrahmens einen Winkel bilde. Um auch hierfür den Parallelismus herstellen zu können, war der oben beschriebene Trieb an dem Zapfen der Wirbelklemme Fig. 1 *c* angebracht, durch welche die Backen derselben in der Verticalebene um einen beliebigen Winkel gedreht werden konnten.

Die starke Stange, auf welcher die Wirbelklemme und die Schlitten steckten, war ein und für allemal in senkrechter Lage im Boden des Zimmers befestigt, und durch Querstäbe mit der gegenüberstehenden Mauer

des Hauses vor selbst kleinsten Verbiegungen bewahrt. Aufgestellt war der Apparat nahe dem Fenster, sodass das Rückenmark, welches in heller Beleuchtung stand, mit einer starken Lupe durchmustert werden konnte.

Die Höhen und die Zeiten der Zuckung werden auf den berussten Papierüberzug einer Trommel geschrieben, deren Umfang sich um 70 ^{mm} in einer Secunde weiterbewegte.

Versuche.

Für die Beurtheilung des Werthes, welcher dem verwendeten Verfahren zusteht, ist es wichtig zu erfahren, ob Muskelbewegungen, die dem Einstiche folgen, von einer Reizung der Rückenmarksfaserung oder von einer solchen der hinteren Wurzelfäden und deren Endigung in der Dura Mater bedingt seien. Auf Grund vielfacher Prüfungen darf ich behaupten, dass allein die unmittelbare Berührung des Rückenmarkes die Bewegung auslöst. — Oefter habe ich die hinteren Wurzeln sehr reizbarer Thiere auf dünne Glasplättchen gelegt und mit Stichen behandelt, ohne aber eine Wirkung zu erzielen, obwohl dann eine gelinde Zerrung der Fäden oder ein andauernder mässiger Druck auf dieselben lebhafte Reflexbewegungen erzeugte. — Dass in der Reizung der Rückenmarksfaserung selbst, unabhängig von einer etwa vorhandenen Empfindlichkeit der Dura, die Veranlassung zu der dem Einstiche folgenden Bewegung gegeben sei, lässt sich leicht durch die absatzweise Einführung der Nadel beweisen. Wenn die Nadel um geringe Bruchtheile eines Millimeters in das Mark eingeführt wird, so zieht dies Muskelbewegungen nach sich; man lasse sie bei unverändertem Stande der Nadel zur Ruhe kommen, und setze nun den Einstich abermals um ein nur Geringes fort; sogleich kehren die Zuckungen wieder. Da die glatte und scharfe Nadel bei der Fortführung des Stiches unzweifelhaft an den schon einmal betroffenen Marktheilen ohne Reibung vorübergleitet, so kann die zweite Reihe von Bewegungen nur durch die von nun an durchschnittenen Fasern ausgelöst sein.

Allen früheren Beobachtnngen zufolge, durfte ich auch in den meinen von der wirksamen Reizung des Rückenmarkes eine geordnete Bewegung, d. h. eine solche erwarten, an der sich eine Mehrzahl von Muskeln in einer bestimmten Zeitfolge betheiligten, und weil die verschiedenen Stücke des Froschbeines sich für gewöhnlich zu einer Bewegungsfolge aneinanderreihen, mögen die Reize vom Hirne oder den Enden der sensiblen Nerven ausgehen, so war vorauszusehen, dass sich die drei von mir vorgerichteten Muskeln nach der Reizung mannigfacher Rückenmarksorte sämmtlich zusammenziehen würden. In ihren Folgen können demnach die Reizungen

verschiedener Orte nur abweichen durch die zeitliche Folge, nach welcher die Muskeln in die Zusammenziehung eintreten, durch den Umfang und durch die Dauer ihrer Contraction. Hierzu konnte noch ein Weiteres treten. Die beiden Beine stehen, wie die Reflexe lehren, innerhalb des Rückenmarkes in einem so innigen Zusammenhang, dass bei der unmittelbaren Reizung einer grösseren Zahl von centralen Bezirken zweiseitige Bewegung vorauszusehen war, indess andere ihre Wirkung nur auf eins der Glieder beschränkten, sei es des gleich- oder des andersseitigen Beines.

Eine recht vielfältige Vertheilung der Stiche auf alle Abtheilungen des Markes war demnach geboten, und zugleich empfahl es sich, wenn verschiedene Stiche in einer Längs- oder Querrichtung ausgeführt werden sollten, ihre Reihenfolge einmal in gerader bez. von oben nach unten und ein anderesmal in umgekehrter Richtung, also von unten nach oben hin geschehen zu lassen. — Eine Grenze fanden die Stichreihen nur insofern, als sie nach oben hin in der Regel nicht über der zweiten Wirbel hinausgingen, um die allzu grosse Nähe des künstlichen Querschnittes zu meiden, und dass sie im Zwischenraume zwischen dem sechsten und siebenten Wirbel am Austritte der Wurzeln des Plex. ischiadicus ihr Ende nahmen.

Die Beschreibung der Folgen einer Stichreihe, die nahe der Mittellinie ausgeführt wurde, stelle ich voraus. — Dürfte das Rückenmark das Frosches dem des Menschen verglichen werden, so hätte die Nadel die zarten Stränge, graue und weisse Commissur, bez. den inneren Theil der grauen Masse mit dem der Pyramidenbahn angehörigen Theil der Vorderstränge durchbohrt.

Stets wurden, wenn der Einstich wirksam war, Bewegungen in beiden Beinen ausgelöst und jeder der drei Muskeln konnte von jedem Punkte der Stichlinie aus zur Zusammenziehung gebracht werden. Insofern waren alle in der Stichlinie vom zweiten bis über den sechsten Wirbel hinaus gelegenen Orte gleichwerthig, anders aber erwiesen sie sich, wenn man Rücksicht nahm: auf die Leichtigkeit mit der ein Muskel ansprach, auf die Dauer seiner latenten Reizung und den Umfang seiner Zusammenziehung. Dann lässt jeder Muskel besondere Beziehungen zu einzelnen Abschnitten des Markes gewahren.

1. Die Verschiedenheiten der Anspruchsfähigkeit.

a. Ileopsoas. Weit häufiger als die beiden anderen Muskeln bewegte sich der M. ileopsoas, wenn der Stich in die Höhe des zweiten Wirbels fiel. Unter mässigen Schwankungen blieb die Sicherheit, mit welcher der genannte Muskel ansprach, im dritten und im Zwischenraume zwischen

dritten und vierten Wirbel gleich, im vierten wuchs dann seine Bereitwilligkeit noch weiter empor; an einem reizbaren Rückenmark wird von hier aus fast ausnahmslos auf das Eintreten einer Zuckung des M. ileopsoas gerechnet werden können; Weiter gegen das untere Ende des Rückenmarkes hin nimmt die Bereitwilligkeit des Ileopsoas stetig ab, sodass sie im Bereiche des sechsten Wirbels unter die der beiden anderen Muskeln bedeutend herabgesunken ist.

b. Semitendinosus. Innerhalb des zweiten Wirbels ist die Zahl der ausgelösten Zuckungen des Semitendinosus im Verhältnisse zu derjenigen der Stiche am geringsten, dann nimmt sie erst langsam, weiterhin aber rascher zu, bis endlich im Bereiche des fünften Wirbels, nahezu ausnahmslos, jede Reizung des Markes auch eine Bewegung des M. semitendinosus bedingt. Unterhalb des fünften, bereits im Zwischenraume zwischen ihm und dem sechsten Wirbel folgt auf die Stiche schon merklich seltener eine Contraction und innerhalb des sechsten Wirbels ist die Wirksamkeit der Angriffe auf das Mark ähnlich tief herabgesunken, wie innerhalb des zweiten und dritten. Ueber die Stichlinie aufgetragen geht die Häufigkeit, mit welcher der M. semitendinosus anspricht, durch ein Maximum hindurch, welches innerhalb des fünften Wirbels fällt.

c. Gastrocnemius. Umgekehrt, wie der Ileopsoas verhält sich die Abhängigkeit des Gastrocnemius von der Reizung des Markes. Die Wirkungsfähigkeit der Stiche nimmt von oben nach unten hin stetig zu. Während innerhalb des zweiten und dritten Wirbels die Mehrzahl der Stiche an dem M. gastrocnemius spurlos vorübergeht, folgt auf jeden derselben zwischen dem fünften und sechsten Wirbel wie im Bereiche des letzteren eine Contraction.

Eine genauere Einsicht in die beschriebenen Verhältnisse als die Worte geben die folgenden Zahlenreihen. Die erste derselben ist zusammengestellt nach Versuchen an zwanzig sehr reizbaren Fröschen. Die Ueberschriften, römische Zahlen, bezeichnen die Ordnungsnummern der Wirbel in derem Bereich der Stich geschah. Innerhalb eines jeden wurden zwei horizontal gegeneinander verschobene, um 0·125 mm von einander getrennte Einstiche ausgeführt. Hinter dem Namen der Muskeln ist eingetragen, wie vielemal derselbe in Contraction gerieth, wenn je 100 Stiche ausgeführt waren.

	II	III	III—IV	IV	V	V—VI	VI
Ileopsoas	80 Proc.	74 Proc.	69 Proc.	90 Proc.	79 Proc.	67 Proc.	33 Proc.
Semitendinosus . .	54 „	54 „	58 „	76 „	92 „	74 „	62 „
Gastrocnemius . .	38 „	33 „	55 „	72 „	81 „	99 „	100 „

Die zweite Zusammenstellung ist aus den Beobachtungen an 36 weniger empfindlichen Fröschen hervorgegangen. In vieren der Frösche wurde das Mark in der Richtung von unten nach oben angestochen.

	II	III	III—IV	IV	V	V—VI	VI
Ileopsoas	43 Proc.	46 Proc.	44 Proc.	67 Proc.	69 Proc.	58 Proc.	29 Proc.
Semitendinosus . .	25 „	30 „	25 „	55 „	81 „	72 „	53 „
Gastrocnemius . .	14 „	24 „	23 „	48 „	72 „	83 „	89 „

Das Mittel der beiden Reihen, von Fröschen verschiedenen Reizbarkeitsgrades entnommen, führt zu derselben Regel; ihre Begründung in der natürlichen Einrichtung unterliegt darum keinem Zweifel. Zu dem ebengeschilderten Abhängigkeitsverhältnisse tritt ein zweites.

2. Umfang der Zusammenziehung der einzelnen Muskeln in der Abhängigkeit von dem gereizten Orte des Rückenmarkes.

Die Verkürzung der Muskeln, welche die noch so rasch vorübergehende Berührung des Markes hervorrief, war stets eine dauernde; rasch erlangte die Contraction ihren höchsten Umfang, von dem sie allmählich wieder herabstieg. Messungen darüber, wie lange die Muskeln in der Zusammenziehung verharrten, habe ich nicht angestellt, doch belehrte mich der Augenschein, dass die Tetani weniger umfangreich, namentlich aber weit weniger dauerhaft ausfielen, als sie nach der Beschreibung von Birge durch die Reizung der Vorderhörner erzeugt werden.

Dagegen habe ich in den Beobachtungen an den 20 sehr empfindlichen Rückenmarken alle maximalen Höhen der Tetani gemessen. Aus der Zusammenstellung aller zu dem gleichnamigen Muskel gehörigen Zahlen geht hervor, dass der Umfang der Verkürzung mit dem Orte des Reizes sich gesetzmässig ändert. Die aufgefundene Abhängigkeit glaube ich deutlich und kurz darlegen zu können, wenn ich alle zu einer Wirbelnummer gehörigen Hebungshöhen zur Bildung einer Mittelzahl heranziehe; nachdem dieses geschehen, den höchsten Werth gleich eins setze und alle übrigen von demselben Muskel gelieferten Werthe in Verzältnisszahlen ausdrücke. Der Art ist folgende Tabelle entstanden und zu verstehen:

	II	III	III—IV	IV	V	V—VI	VI
Ileopsoas	0·74	0·63	0·46	1·00	0·57	0·51	0·19
Semitendinosus . . .	0·25	0·22	0·28	0·43	1·00	0·78	0·30
Gastrocnemius . . .	0·14	0·15	0·17	0·39	0·65	1·00	0·87

Eine augenfällige Aehnlichkeit zeigen die Schwankungen der Hebungshöhen mit denjenigen der Befähigungen, durch einen Reiz erregt zu werden. Wenn man die eben und die vorhin gegebenen Zusammenstellungen vergleicht, so wird es augenscheinlich, dass nach dem Maasse von Häufigkeit, in welchem von einem gegebenen Orte aus der Muskel durch den Markstich angeregt werden kann, auch der Umfang seiner Verkürzung wächst.

Mithin lässt sich von allen der Längsfurche angrenzenden Orten des Markes ein jeder der drei Muskeln zur Verkürzung bringen, aber innerhalb des Bereiches vom zweiten bis zum sechsten Wirbel giebt es je einen Bezirk, bei dessen Reizung einer der drei Muskeln leichter und kräftiger als die anderen anspricht. Ihrer Lage im Rückenmarke nach folgen sich von oben nach unten hin die wirkungsvollsten Stellen ähnlich wie die Wurzeln der zu den Muskeln gehörigen Nerven. Je näher nach dem Hirnende hin die Nervenwurzeln eines Muskels entspringen, um so höher liegt auch im Marke der Bezirk, von welchen aus der Muskel am sichersten und stärksten erregt werden kann. Vielleicht ist es erlaubt, den Satz, dessen Gültigkeit für drei Muskeln nachgewiesen ist, zu verallgemeinern.

3. Latenz der Reizung.

Weil es bei der Anordnung meiner Versuche unbekannt blieb, ob die Nadel die Anregung zur Contraction schon bei der ersten Berührung des Markes auslöste oder später, nachdem sie bis zu einer gewissen Tiefe in dasselbe eingedrungen war, so liess sich der Zeitpunkt, zu welchem der Reiz begann, nicht angeben. Dagegen zeigte es sich mit aller Schärfe, ob die drei Muskeln gleichzeitig oder nacheinander in die Verkürzung eintraten, und wann das letztere geschieht, um wie viel später der zweite und dritte dem ersten folgte. Da die Nadel offenbar gleichzeitig alle die Bahnen trifft, von welchen aus die Muskeln abhängen und da die Längenunterschiede der nervösen Wege, die zu den Muskeln führen, nur unbedeutende sind, so durfte von vornherein erwartet werden, dass die drei Muskeln auch nahezu gleichzeitig mit ihrer Zusammenziehung beginnen würden. Diese Voraussetzung trifft jedoch nur bedingungsweise zu, nämlich in der überwiegenden Zahl der Beobachtungen dann, wenn der Stich im Bereiche zwischen dem fünften und sechsten und nahezu ausnahmslos, wenn er innerhalb des sechsten Wirbels geführt wurde. Dass die bezeichneten Stellen des Rückenmarkes sich eigenthümlich verhalten, mag ihre Lage nahe den Wurzeln der Muskelnerven erklären. Unmittelbarer als an höher gelegenen Orten wird hier der Reiz die Nervenwurzeln treffen.

	II		III		III—IV		IV		IV—V		V		V—IV		VI		VI—VII	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1. Ileopsoas	0	—	—	—	0·08	—	0·38	—	0	—	0·09	—	0·31	—	—	—	—	—
Semitendin.	0	—	0	—	0	—	0	—	0	—	0	—	0·28	—	0·28	—	—	—
Gastrocn.	—	—	0	—	0·35	—	0·57	—	0	—	0·10	—	0	—	0	—	—	—
v. unten n. ob.																		
2. Ileopsoas	1·25	—	0·91	—	0·03	—	0·03	—	0	—	0·02	—	0·06	—	0·02	—	0	—
Semitendin.	0	—	0	—	0	—	0·03	—	0	—	0·02	—	0·02	—	0	—	0	—
Gastrocn.	—	—	0·35	—	0·52	—	0	—	0	—	0	—	0	—	0	—	0	—
3. Ileopsoas	0	—	0·02	—	0·26	—	0	—	0	—	0	—	0·07	—	0	—	—	—
Semitendin.	1·58	—	0	—	0	—	0·02	—	0	—	0	—	0·04	—	—	—	—	—
Gastrocn.	—	—	—	—	—	—	0·38	—	0	—	0·04	—	0	—	—	—	—	—
4. Ileopsoas	1·33	—	0·11	0·62	0	—	0	0	—	—	0	0	—	—	0·11	—	0·25	—
Semitendin.	0	—	0	0.62	—	—	0·58	0·81	—	—	0	0	—	—	0·64	—	—	—
Gastrocn.	—	—	0·36	0	—	—	—	—	—	—	0·59	0	—	—	0	—	0	—
5. Ileopsoas	0·27	—	0·18	0·69	—	—	0	—	—	—	0	0	—	—	—	—	—	—
Semitendin.	0	—	0	0·87	—	—	0·04	—	—	—	0	0	—	—	—	—	—	—
Gastrocn.	0·42	—	0	0	—	—	0·60	—	—	—	0·03	0	—	—	—	—	—	—
6. Ileopsoas	0	—	0	—	0	—	0	—	1·05	—	0	—	0·22	—	0·01	—	—	—
Semitendin.	—	—	0	—	—	—	—	—	0	—	0	—	0·01	—	0·01	—	—	—
Gastrocn.	—	—	0	—	0·13	—	3·80	—	—	—	0	—	0	—	0	—	0	—
7. Ileopsoas	0·36	—	?	—	0	—	0	—	0	—	0·03	—	0	—	0	—	—	—
Semitendin.	0·27	—	?	—	0·35	—	0·25	—	0·09 0·60	?	0	—	0	—	0	—	—	—
Gatrocn.	0	—	?	—	—	—	—	—	0·72	—	0·04	—	0	—	0	—	—	—
8. Ileopsoas	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Semitendin.	—	—	—	—	—	—	0·07	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9. Ileopsoas	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	0	—	—	0·02	—	—	—
Semitendin.	—	—	—	—	—	—	—	—	0·15	—	—	0	—	—	0·09	0	—	—
Gastrocn.	—	—	—	—	—	—	—	—	1·05	—	—	0·53	—	—	0	0·18	—	—
10. Ileopsoas	—	—	—	—	—	—	—	—	0·03	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Semitendin.	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Gastrocn.	—	—	—	—	—	—	—	—	0·06	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11. Ileopsoas	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	0·04	0	—	—	0	—	—	—
Semitendin.	—	—	—	—	—	—	0·22	—	—	—	0·11	?0	—	—	0	—	—	—
Gastrocn.	—	—	—	—	—	—	0·15	—	—	—	0	0·03	—	—	0	0	—	—
12. Ileopsoas	—	—	—	—	0	—	0	—	—	—	0·04	0	0	—	0	—	—	—
Semitendin.	—	—	—	—	0·55	—	—	—	—	—	0	0	0	—	0	—	—	—
Gastrocn.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0·11	0·05	—	—	—	—	—	—
13. Ileopsoas	—	—	—	—	—	—	0	—	0·47	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Semitendin.	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	0	—	—	—	—	—	—	—
Gastrocn.	—	—	—	—	—	—	—	—	0·74	—	0	—	—	—	0	—	—	—
v. unten n. ob.																		
14. Ileopsoas	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	0	—	0·09	—	0·07	—	0·08	—
Semitendin.	—	—	—	—	—	—	0·29	—	—	—	0	—	0·09	—	0·07	—	0·06	—
Gastrocn.	—	—	—	—	—	—	0·47	—	—	—	0	—	0	—	0	—	0	—

Vom fünften Wirbel an aufwärts treten dagegen nur ausnahmsweise die drei Muskeln gleichzeitig in die Verkürzung ein. Von nun an nimmt einer von ihnen den Vortritt, die beiden anderen folgen. Im Voraus lässt sich nicht angeben, welcher zuerst und nach welchem Zeitmaasse die anderen zucken. Von der Mannigfaltigkeit der Vorkommnisse geben die folgenden Zahlen eine Anschauung.

Die Beobachtungen, welche der Tabelle zu Grunde liegen, rühren von theils sehr reizbaren, theils weniger reizbaren Fröschen her. An den Köpfen der Spalten stehen die Namen der Wirbel, innerhalb welcher der Stich fiel. An den Eingängen in die wagrechten Reihen stehen die Namen der Muskeln. Folgt auf gleicher Linie mit einem der Muskeln eine 0, so war der Muskel der erste in der Reihe der Zusammenziehungen, folgt eine Zahl, so bedeutet sie in Secunden, um wie viel der Muskel sich später als der erste zusammenzog.

Aus einer ersten Durchsicht der Tabellen scheint sich keine irgend wie geartete Regel zu ergeben zwischen dem Orte des Einstiches und der verzugslos eintretenden, der anderen vorangehenden Bewegung eines der Muskeln. Eine solche findet sich jedoch, wenn man die innerhalb eines Wirbels ausgeführte Stichsumme, auf welche die Bewegung von mindestens zwei Muskeln folgte, der Häufigkeit gegenüberstellt, in welcher einer der drei Muskeln den Vortritt nahm. Dann ergiebt sich für jeden der drei Muskeln eine besondere Stelle, von welcher aus er am häufigsten zuerst zuckt.

Der Vergleichbarkeit wegen sind in der folgenden, nach dem ebenbezeichneten Verfahren entworfenen Zusammenstellung die Zahlen der verzugslos eintretenden Zuckung in Procenten der auf mehrere Muskeln wirkenden Stichsumme ausgedrückt. Der Uebersichtlichkeit zu Liebe ist der Ort des Stiches auf den untern Wirbel bezogen, wenn er zwischen ihm und einen vorhergehenden fiel, also beispielsweise auf den IV., wenn er zwischen III und IV eintraf.

	Ileopsoas	Semitendinosus	Gastrocnemius
II. Wirbel	33 Procent	66 Procent	17 Procent
III. „	13 „	75 „	62 „
IV. „	**71** „	24 „	6 „
V. „	62·5 „	**83** „	38 „
VI. „	30 „	40 „	**85** „

Auf eine aus den Beobachtungen an nur 14 Thieren abgeleitete Regel würde ich wenig Werth legen, wenn die Orte der geringsten Latenz nicht mit denen übereinstimmten, von welchen aus die Muskeln am häufigsten

und am kräftigsten anregbar gefunden wurden. Dazu kommt, dass auch dann, wenn der Muskel von dem Orte, an welchem er gemeinhin zuerst zuckt, erst in zweiter Linie eintritt, seine Verzugszeit eine nur sehr geringe ist.

Seitliche Stichreizungen. Sehr vielfach habe ich Stichreihen hergestellt, welche senkrecht auf die Längenaxe des Markes von der Mittellinie als Anfangspunkt nach aussen gegen die Oberfläche der Seitenstränge verliefen. Bei dem überwiegenden Theil der Beobachtungen richtete sich meine Aufmerksamkeit nur auf die Bereitwilligkeit, mit welcher die Muskeln auf den Stichreiz ansprachen.

Insofern die quere Stichreihe sich um ein bis zwei Zehntel eines Millimeters vom freien Rande des Markes entfernt hält, stimmen die Ergebnisse der seitlichen Stiche mit denen der mittleren so vollkommen überein, dass ihre ausführliche Wiedergabe nur zu einer Wiederholung der auf den vorhergehenden Blättern niedergelegten Aufzeichnungen führen würde. Die Bewegung erstreckte sich auf die beiden Beine, und die Leichtigkeit des Anspruches der drei Muskeln wechselte wie früher mit der Wirbelnummer.

Wenn dagegen der Stich auf den äussersten Theil des Seitenstranges fiel, so beschränkte sich die Bewegung in der Regel nur auf die gleichseitigen Muskeln. Wie weit sich der Bezirk, der nur einseitige Bewegung auslöst, in die Tiefe erstreckt, darüber wird erst Aufschluss zu finden sein, wenn der Apparat statt des Stiches von hinten nach vorn auch den von rechts nach links und zwar in beliebig abgestufter Tiefe gestatten wird. Jedenfalls verdienen die äusseren Abschnitte des Seitenstranges eine besondere Beachtung.

Obwohl mir nun genauere Messungen über die mit den Orten des Rückenmarkes veränderlichen Zuckungshöhen und Latenzen für die Querreihen der Stiche fehlen, so glaube ich doch nicht zu irren, wenn ich für die beiden ebengenannten Functionen eine ähnliche Abhängigkeit von der Wirbelnummer voraussetze, wie sie beim Einstiche in die Mitte gefunden wurde. Zum mindesten lässt sich für meine Voraussetzung der innige Zusammenhang geltend machen, der zwischen der Anspruchsbefähigung, dem Zuckungsumfange und der Latenz besteht. —

Aus einigen Beobachtungen, in welchen der Stich in zwei Absätzen zuerst oberflächlich und dann tiefer und zwar nahe der Mittellinie geführt wurde, glaube ich schliessen zu dürfen, dass sich die Erfolge einer auf die Mittellinie beschränkten Reizung in der hinteren und vorderen Hälfte des Markes nicht wesentlich verschieden verhalten.

In der folgenden Zusammenstellung eines Versuches bedeuten die Zahlen Zuckungshöhen.

IV. Wirbel.

	hintere Hälfte	vordere Hälfte
Ileopsoas	10 mm	14 mm Zuckungshöhe
Semitendinosus . .	6 „	7 „ „
Gastrocnemius . .	8·5 „	8 „ „

Zwischen IV. und V. Wirbel.

Ileopsoas	13 mm	10 mm Zuckungshöhe
Semitendinosus . .	8 „	4 „ „
Gastronemius . .	7 „	6 „ „

Zwischen V. und VI. Wirbel.

Ileopsoas	5 mm	4·5 mm Zuckungshöhe
Semitendinosus . .	4·5 „	2 „ „
Gastrocnemius . .	5 „	4 „ „

VI. Wirbel.

Ileopsoas	0 mm	Spuren
Semitendinosus . .	0 „	0 mm Zuckungshöhe
Gastrocnemius . .	3 „	4 „ „

Etwas unbestimmt lautet in den zuletzt mitgetheiltem Versuche die Angabe der vorderen und hinteren Hälfte des Markes; sie musste mir einstweilen genügen, weil dem Apparate ein Maassstab zur genaueren Bestimmung der Stichtiefe fehlte. Aus diesem Grunde lege ich dieser und ähnlichen meiner Beobachtungen nur insofern Werth bei, als sie zu einer weiteren Verfolgung des angewendeten Verfahrens auffordern.

Elektrische Reizung. Sie wurde entweder unipolar mit Inductions- oder dipolar mit constanten Strömen ausgeführt.

Zur unipolaren Inductionsreizung diente du Bois-Reymond's Schlitten, in dessen primären Kreis ein Grove eingesetzt war. Von den beiden Polklemmen der secundären Spirale stand die eine in leitender Verbindung mit den Metallröhren der Gasleitung, die zweite mit der Rückenmarksnadel. Die Messinghülse, welche zur Führung der Nadel diente, war von den übrigen Stücken des Froschträgers sorgfältig isolirt. Zuerst wurde die Nadel oberflächlich in das Rückenmark eingestochen; hatten sich die Zuckungen beruhigt, welche der Stich hervorgebracht hatte, so wurde der bis dahin geschlossene primäre Strom plötzlich geöffnet. — Auf welchen Umkreis sich bei diesem von W. Kühne eingeführten Verfahren die Reizung erstreckt, lässt sich des Genaueren im gegebenen Falle nicht

ermitteln; sicher ist jedoch, dass sich bei vorsichtiger Handhabung des Stromes keine Schleifen desselben auf den Plex. ischiadicus erstrecken. Denn wenn die Nadel unterhalb, aber nahe dem Ursprunge der Armnerven in ein reizbares Rückenmark eingesetzt war, so zuckten bei dem Hereinbrechen des Inductionsstromes die Beine, aber die Arme verhielten sich trotz der grösseren Nähe ihrer Nerven durchaus ruhig.

Blieb bis zum Erlöschen der Reizbarkeit des Rückenmarkes die Nadel an ihrem Platze, so mussten, um die Armmuskeln zur Zuckung zu bringen, die Ströme verstärkt werden, aber dann blieben die Beine in Ruhe.

An fünf sehr reizbaren Fröschen wurde die Beobachtung derart ausgeführt, dass auf je fünf verschiedenen Höhen des Markes je 2 bis 3 Einstiche geführt wurden; von den mehrfachen, in derselben Horizontalreihe liegenden Stichen geschah der erste nahe der Mittellinie, die folgenden um je $0 \cdot 2^{mm}$ von einander entfernt nach aussen. —

Je nach der Stärke des reizenden Stromes war der Erfolg ein verschiedener. Unter der Anwendung der schwächsten, eben noch wirksamen Ströme kam nur einer der drei Muskeln in Contraction; dieses geschah namentlich dann, wenn sich der gereizte Ort im unteren Theile des Rückenmarkes befand. Stärkere Ströme riefen dagegen von jeder Stelle einer Rückenmarkshälfte aus Bewegungen in drei Muskeln der gleichnamigen Seite hervor. Zu ihnen gesellten sich bei einem weiteren Wachsthume des Reizes auch Bewegungen des Beines der anderen Seite, welche jedoch meist in einem sehr mässigen Umfange auftraten.

Ueber die Anspruchsfähigkeit der Muskeln auf der gereizten Seite giebt die nachstehende Zusammenstellung Aufschluss.

	Wirbel	II	III	IV	V	VI
Zahl der Stiche		16	20	20	20	20
Zahl der Contractionen	Ileopsoas	14	18	13	1	2
	Semitendinosus	1	9	12	18	7
	Gastrocnemius	2	1	1	6	18

Oder in Procenten der ausgeführten Reizungen ausgedrückt:

	Wirbel	II	III	IV	V	VI
Zahl der Contractionen	Ileopsoas	87	90	65	1	2
	Semitendinosus	6	45	60	90	35
	Gastrocnemius	12	5	5	30	90

Die Reizung verschiedener Orte desselben Querschnittes bringt das gleiche Ergebniss hervor und die auf ungleichen Wirbelhöhen angebrachten unipolaren Inductionsreize führen genau zu denselben Erfolgen, denen man bei der Ausführung des einfachen Stichreizes begegnet.

Bis dahin erstreckte sich die Aufklärung, welche der elektrische Momentanreiz erzielte, nicht über die vom Stiche erbrachte hinaus, indess lehrte er doch etwas Neues. Im Bereiche des zweiten und dritten Wirbels lag die Reizschwelle höher als in dem der tieferen. Der Grund, warum die untere Extremität von den oberen Abschnitten des Markes erst bei einem geringeren Rollenabstand ansprach, kann, wie vorhin gezeigt, nicht auf Stromschleifen beruhen, er muss vielmehr in Eigenthümlichkeiten der Reizbarkeit gesucht werden.

Der constante Strom wurde dem Marke durch unpolarisirbare Elektroden zugeführt, die nach Art der Pinsel von v. Fleischl gebaut waren; sie trugen wenige, kurze und steife Haare. Mit ihnen lässt sich die Eintrittsstelle des Stromes sicher umgrenzen, aber sie bieten wegen ihres ungleichen Feuchtigkeitsgrades einen unbeständigen und wegen des geringen Querschnittes ihrer leitenden Bahn einen grossen Widerstand. Zwölf kleine Grove mussten hintereinander eingeschaltet werden, wenn in einem sehr reizbaren Mark eine Wirkung sichtbar werden sollte. Dass die Intensität eines solchen Stromes noch gering war, zeigte die nur 1 Grad betragende Ablenkung der Nadel einer gleichzeitig eingeschalteten, empfindlichen Bussole — Gaugain mit sechs Windungen. — Schätzungsweise entsprach der Widerstand 10000 S. E. — Dafür, dass der Strom ohne Zerstörungen zu veranlassen in den für einfache Reizung vorgeschriebenen Grenzen blieb, spricht es, dass durch seine Anwendung die Reflexerregbarkeit des Rückenmarkes nicht beeinträchtigt wurde. Durch eine mässige Reizung sensibler Nerven konnten unmittelbar und auch am anderen Tage nach der Anwendung des Stromes Reflexbewegungen hervorgerufen werden. — Der Strom reichte jedoch noch stets hin, um von entsprechenden Nerven aus Schliessungs- und Oeffnungszuckungen zu erzielen. — Zu den Versuchen dürfen nur Thiere verwendet werden, deren Körpertemperatur über 10° C. liegt.

An dem Frosche, der gleich wie bei den früher beschriebenen Versuchen vorbereitet war, lagen die Elektroden in durchaus unverrückter Stellung, so lange als der constante Strom das Rückenmark durchsetzte.

Zu welchem Abschnitte des Rückenmarkes der Strom geleitet ward, gleichgiltig, ob er von oben nach unten oder in umgekehrter Richtung floss, stets erzeugte er während der ganzen Dauer seines Bestehens einen Tetanus der sich von der berührten Markhälfte auch auf das gegenüberliegende Bein selbst dann erstreckte, wenn die Pinsel um 1^{mm} von der

Mittellinie entfernt aufgesetzt waren. Gleiches trat ein, wenn die Kathode oder Anode auf den Nervenwurzeln und der entgegengesetzte Pol nahe ihrem Ursprunge auf dem Rückenmarke stand. Wurden dagegen nur die vorderen Nervenwurzeln auch noch so nahe ihrem Ursprunge aus dem Marke in den Kreis aufgenommen, so rief nur die Schliessung und Oeffnung des Stromes Zuckungen hervor.

Von dem ebengeschilderten Verhalten wurde nur insoweit und durch dieses nur zuweilen eine Ausnahme beobachtet, als im Bereiche des zweiten Wirbels der im Marke aufsteigende Strom dem Ileopsoas, der absteigende dagegen dem Semitendinosus und Gastrocnemius zum umfänglicheren Tetanus verhalf.

Die Neigung zur dauernden Erregung, welche das Mark auch einer vorübergehenden Reizung gegenüber aufzeigt, tritt also hier deutlich hervor, eine Eigenschaft, die es mit der Retina und in gewisser Beziehung auch mit der Herzspitze theilt.

Bis dahin wurden wesentlich nur die Bewegungen geschildert, welche die vorgerichteten Muskeln in Folge eines rasch vorübergehenden Reizes aufzeichneten; sie liessen uns erkennen, dass die aus ihrer Contraction hervorgehende Bewegung der unteren Extremität eine geordnete sein müsse, und mehr, dass der auf die einzelnen Gelenke des Beins geübte Zug sich mit der gereizten Stelle des Markes ändern musste; denn von gewissen Markorten aus wurde auf das Hüftgelenk stärker als von anderen her gewirkt und dasselbe galt für das Knie- und Fussgelenk. — Zur vollständigen Darlegung der Aenderungen seiner Stellung, welche das Bein mit dem Wechsel des gereizten Rückenmarkortes erfuhr, reicht die Beobachtung von nur drei Muskeln nicht aus. Wäre ihre Unzulänglichkeit nicht selbstverständlich, so würden wir von ihr durch die folgenden Beobachtungen an unversehrten Beinen unterrichtet.

Von den Stichen, die in oder nahe der Mittellinie des Markes geführt werden, rufen die im 2. und 3. Wirbel angebrachten vorzugsweise eine reine Beugung aller Gelenke, die im 4. und 5. Wirbel eintreffenden Beugungen mit Ab- oder Adduction und die im 6. und im obereren Theil des 7. Wirbels geschehenen Streckungen hervor. — Weniger auffallend, wenn auch immerhin merklich, ändert sich die Stellung der Glieder, wenn die Nadel auf gleicher Wirbelhöhe näher oder entfernter von der Mittellinie eindringt. Nach diesen ohne Weiteres erkennbaren Unterschieden der Bewegung lassen sich weitergehende Aufschlüsse erwarten aus einer mit zureichenden Mitteln vorgenommenen Untersuchung der Stellung des Gliedes und der an ihr betheiligten Muskeln.

Welchen Aufschluss gewähren nun die Punktreizungen über die anatomischen Verhältnisse des Rückenmarkes? — Nach sicheren Erfahrungen gehen die Markröhren der motorischen Wurzeln in die Ganglienzellen der grauen Vorderhörner über, deren zahlreiche Ausstrahlungen als die Fortsetzung der Wurzelfasern anzusehen sind. Ebenso gewiss münden in die grauen Massen die Fasern der sensiblen Wurzeln und gleicher Weise die aus dem Hirn herabsteigenden Röhren. Da von dem Gehirn und auch von den sensiblen Nerven aus die motorischen erregt werden können, so müssen irgend welche Verbindungen der drei Fasergattungen innerhalb der grauen Masse vorhanden sein.

Nun gehören die von den Fortsetzungen der sensiblen Nerven und die von mannigfachen Ausläufern der Hirnfasern angeregten Bewegungen — reflectirte und willkürliche — zu den geordneten, und deshalb finden wir es begreiflich, dass eine Reizung der grauen Masse entfernt von den Ganglienzellen geordnete Bewegungen auslöst. Ob eine solche künstlich hervorgebrachte Bewegung zu den reflectirten oder zu den willkürlichen vom Gehirn aus angeregten zu rechnen sei, darüber könnte uns nur eine sorgfältige Zergliederung derselben aufklären. Dass die Beobachtung der Verkürzungen von nur drei Muskeln, welche in meinen Versuchen stattfand, zur Unterscheidung beider Bewegungsarten ausreiche, muss natürlich verneint werden. Erst wenn die Vorbedingung zu weiteren Versuchen, die unterscheidenden Merkmale der reflectirten und der willkürlichen Bewegung gegeben sind, wird es sich möglicherweise durch die Reize verschiedener Orte eines und desselben Querschnittes grauer Masse ermitteln lassen, ob die Räumlichkeiten, an welchen die Fortsetzungen der Willkürbahnen und die der sensiblen Wurzeln die motorischen Nerven angreifen, getrennt sind oder zusammenfallen.

Thatsächlich machen dagegen meine Beobachtungen auf die bisher unbeachtete Eigenthümlichkeit des Rückenmarkes aufmerksam, dass dasselbe nach seiner Längsrichtung eine functionelle Gliederung besitzt. Wenn infolge der von oben nach unten hin fortschreitenden Reizung der grauen Masse, noch merklich entfernt von den Ursprüngen der motorischen Nerven, Verschiedenheiten hervortreten, die sich auf die Anspruchsfähigkeit der Muskeln, den Umfang und verzögerten Eintritt in ihre Verkürzung beziehen, so lässt sich dieses meiner Meinung nach kaum anders als durch die Annahme auslegen, dass sich nach der Länge des Markes eine Reihe von Centren erstreckt. In jedem der Centren sind, um bei den Ergebnissen meiner Beobachtung stehen zu bleiben, die drei Muskeln durch Fasern vertreten, aber die zu einem Muskel gehörigen Fasern sind entweder in den verschiedenen Knotenpunkten mit einer ungleich starken Reizbarkeit behaftet, oder sie sind in

veränderlicher Zahl vorhanden. Danach wären die möglichen Combinationen der Muskeln eines Gliedes schon im Rückenmark vorgebildet enthalten, ähnlich wie wir uns im verlängerten Mark die Fasern der Muskeln geordnet denken, die an der rhythmischen Athembewegung, dem Husten, Erbrechen u. s. w. betheiligt sind.

Voraussichtlich ist das Rückenmark nicht bloss in der Richtung von oben nach unten hin durch eine Reihenfolge ungleich leistungsfähiger Stücke gegliedert; auch von rechts nach links darf auf eine Schichtung und Scheidung Gleiches und Ungleiches bewirkender Fasern zu rechnen sein. Zunächst ist an die Pyramidenbahn zu denken, in welcher die Fasern laufen, durch welche ganz bestimmte Hirnorte mit je einem Muskel verknüpft werden. Nun ist es bekannt, dass die Pyramidenbahnen auf ihrem Verlauf durch das Rückenmark folgeweise Antheile ihrer Faserung in die graue Masse senden, jeweilig grössere oder geringere, entsprechend der Zahl von motorischen Wurzelfäden. Daraus ergiebt sich ungezwungen, dass die Fasern der Seitenstränge, welche die Skeletmuskeln und das Grosshirn unmittelbar verbinden, bereits in einer bestimmten Weise geordnet sind, so dass z. B. die Fasern, welche die Muskeln des Skelets mit dem Grosshirn verknüpfen, schon in den Seitensträngen in einer bestimmten Anordnung liegen, etwa so, dass die den Armen zugewiesenen in dem Halstheile des Rückenmarkes an die graue Masse angrenzen, indess die den Beinen zukommenden Fasern näher der Oberfläche streichen. — Vorausgesetzt, es bestehe eine solche Gliederung der Faserung in den Pyramidenbahnen, so würde sie jedenfalls in dem Rückenmark verschiedener Thiere in ungleicher Ausbildung vorhanden sein und aller Wahrscheinlichkeit nach beim Frosch in einer sehr unvollkommenen. Das Grosshirn des Frosches ist wenig umfangreich, die mit den Gliedern und insbesondere die mit den Beinen ausgeführten Arten der Bewegungen wenig mannigfaltig, so dass es zweifelhaft bleibt, ob auch hier vom Hirn aus nach Belieben ein jeglicher Muskel für sich oder in Verbindung mit einem jeden anderen erregt werden könne. Dazu kommt die Geringfügigkeit der Muskelmassen des Frosches, welcher eine kleine Zahl von Nervenfasern entspricht.

Der gehegten Erwartung zuwider bin ich beim Versuch doch auf eine Thatsache gestossen, welche den im äussersten Theil der Seitenstränge verlaufenden Fasern eine besondere Stellung zuweist. Regelmässig wurde ein Stich, der nahe dem äussersten Rand der Seitenstränge eintraf, nur durch die Bewegungen der gleichseitigen Muskeln beantwortet. Sollte die Gruppirung der verschiedenen Fasersysteme beim Frosch und beim Säugethier die gleiche sein, so würden die am äussersten Umfang der Seitenstränge verlaufenden Nervenröhren allerdings nicht zu den Pyramidenbahnen gehören.

Doch wie dem auch sei, die Thatsache weist auf eine von rechts nach links sich erstreckende Gliederung hin.

Manches, was bis dahin am Rückenmark des Frosches unerledigt blieb, wird sich durch die Verfeinerung der Methode noch feststellen lassen; gewiss aber wird ihre Anwendung auch in der gegenwärtigen Gestalt auf das Rückenmark des Säugethieres in ausgedehnterem Maasse Aufklärung bringen.

Einige Male habe ich die Stichreizung auch auf das verlängerte Mark des Frosches angewendet, nicht in der Absicht, um hier die Gruppirung der Fasern zu erkennen, vielmehr nur deshalb, um einige Beobachtungen zu bestätigen, die mir zufällig entgegengetreten waren.

Bis auf die nachstehenden Aenderungen glich die Vorbereitung des Frosches der früher beschriebenen. Mit dem Rückenmark blieb die Medulla oblongata in Verbindung; dagegen wurde die letztere durch einen Schnitt hinter den Zweihügeln von dem Reste des Grosshirns getrennt, der dann unter möglichster Vermeidung der Blutung aus dem Schädel entfernt wurde. Auf der rotirenden Trommel notirte sich der Zeitpunkt des Einstichs und statt des Bewegungsanfangs einzelner Muskeln öfter der des Beines, welches vom Fussgelenk aus mit dem Schreibstift verbunden war.

Die Stiche wurden in Reihen senkrecht gegen die Längsaxe der Medulla von rechts nach links hin ausgeführt, entweder näher dem kleinen Hirne oder auch dem Calamus scriptorius.

In zweierlei Weise unterscheiden sich die Folgen des Angriffes auf das verlängerte, von denen auf das Rückenmark: Die Dauer der latenten Reizung ist eine grössere und ein noch so vorübergehender Einstich ruft statt der einmaligen, eine öfter wiederholte Bewegung der Glieder hervor. Für beides gebe ich Beispiele von sehr reizbaren Fröschen entnommen.

Dauer der latenten Reizung. — In dem Versuche 1 waren durch das verlängerte Mark vier Stichreihen durchgeführt, welche ihrer Ordnung nach mit I. II. III. IV. bezeichnet sind. Zwei derselben lagen näher dem oberen, die beiden anderen näher dem unteren Ende der Rautengrube. Die zu einer Reihe gehörigen Stiche sind durch a. b. c. und so weiter unterschieden, sie laufen von rechts nach links. Die unter den Ueberschriften stehenden Zahlen geben in Secunden die Dauer der latenten Reizung an, sie beziehen sich auf die erste der ausgeführten Bewegungen. Ein — bedeutet, dass der Stich wirkungslos gewesen. Mit dem Schreibstift war das linke Bein verbunden.

	I	II	III	IV
a	1·4	1·10	—	—
b	1·9	4·90	0·81	0·82
c	—	0·58	3·90	1·10
d	—	0·74	2·70	1·40
e	—	0·27	0·95	—
f	—	1·40	—	0·23
g	—	0·81	—	—
h	—	3·10	—	—

Durch eine noch grössere Dauer der Latenz zeichnet sich das folgende Beispiel aus, in welchem nur zwei Stichreihen angelegt wurden; der Frosch war etwas weniger reizbar.

	I	II
a	13·1	11·8
b	2·7	14·5
c	6·5	3·4
d	9·6	1·8
e	—	2·1
f	—	3·3

Beidemale wurde nach Vollendung der Beobachtungen am verlängerten Mark auch noch die Latenz der Reizung bestimmt, welche nach dem Einstiche in das Rückenmark bemerklich war. Sie betrug beidemale nur Hundertel einer Secunde.

Wiederholung der Bewegung nach einem vorübergehenden Stichreiz. — Die Zahl der Wiederholungen gestaltet sich verschieden von 2 bis zu 5 und mehr. Um zu prüfen, ob die Bewegungen der verschiedenen Muskeln zu gleicher Zeit wiederkehren, wurden mehrmals der Ileopsoas, Semitendinosus und Gastrocnemius in die Lage versetzt, ihre Zuckungen aufschreiben zu können. Hierbei ergab sich, dass beides, eine gleich- und eine ungleichzeitige Bewegung eintreten konnte und dass unter Anwendung desselben Praeparates sich beides ereignet. In den folgenden Zusammenstellungen bedeuten die römischen Ziffern die Nummer der wiederholten Bewegung, die darunter stehenden arabischen die Zeit in Secunden, wann die Wiederholung stattfand. Der Anfang der Zeit liegt beim Beginne des zuerst zuckenden Muskels.

	I	II	III	IV	V	VI
a) Ileopsoas . . .	0	5·85	7·30 Sec.			
Semitendinosus . .	1·75	4·10	7·30 „			
Gastrocnemius . .	1·75	4·10	7·30 „			
b) Ileopsoas . . .	0	1·45	3·37	7·02	9·22	12·02 Sec.
Semitendinosus . .	0	1·45	3·37	7·02	9·22	12·02 „

Die Bedingungen zu ermitteln, von welchen die Verschiedenheiten der Wirkung des verlängerten Markes abhängen, dürfte zu den schwierigsten Aufgaben gehören, und dennoch muss ihre Lösung gelungen sein, wenn uns die Folgen der Reizung höherer Hirntheile verständlich werden sollen.

Bei der Umformung des von Hrn. Dr. Birge — *dies Archiv* 1882 — benutzten Verfahrens in das hier beschriebene ist mir Hr. Dr. Swiecicki wesentlich behilflich gewesen; es sei mir gestattet ihm für seine Bemühungen meinen Dank auszudrücken.

C. Ludwig.

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrgang 1886—87.

IV. Sitzung am 10. December 1886.

1. Hr. Dr. Hermes, Director des Berliner Aquariums, demonstrirt den Leuchtbacillus aus der westindischen See.

2. Hr. N. Zuntz hält den angekündigten Vortrag: „Ueber die Einwirkung des Alkohols auf den Stoffwechsel des Menschen, (nach Versuchen mit Dr. Berdez aus Lausanne.).

Der Widerspruch, welchen Bodlaender[1] gegen die von Wolfers im Laboratorium des Referenten gefundene Steigerung des Sauerstoff-Verbrauchs nach Alkoholzufuhr erhoben hat, gab Anlass zu einer neuen Untersuchung der Frage. Es sollten die früheren Thierversuche ergänzt und controlirt werden durch Versuche am Menschen. Die Anordnung der Versuche beruhte auf einem vom Vortragenden im Verein mit Hrn. Dr. Geppert ausgearbeiteten Verfahren: Das Volum der Luft, welche der durch ein Mundstück und passende Ventile athmende Experimentator expirirt, wird durch eine Gasuhr gemessen und ihr Gehalt an Sauerstoff und Kohlensäure durch Analyse einer genauen Durchschnittsprobe festgestellt,

Es wurde sorgfältig darauf geachtet, dass während des Versuches keine Muskelthätigkeit stattfinde.

Das Ergebniss war: Steigerung der Athemgrösse um 9 $^0/_0$, des Sauerstoffverbrauchs und der Kohlensäureausscheidung um 3·5 $^0/_0$ unter der Einwirkung von 20—30 ^{cc} Alkohol. Diese Steigerung dürfte geringer sein, als die, welche man nach Aufnahme einer grösseren Menge fester Nahrung beobachtet. (Vgl. Henrijean, *Bulletin de l'Académie belge.* 1883.)

Das Resultat steht im Einklang mit den Befunden von Wolfers. —

---

[1] Bodlaender, Ueber den Einfluss des Weingeistes auf den Gaswechsel. *Zeitschrift für klinische Medicin.* Bd. XI. Hft. 5 u. 6.

3. Hr. Dr. C. Wurster (a. G.) spricht über einige empfindliche Reagentien zum Nachweise minimaler Mengen activen Sauerstoffs (Mittheilung aus der speciell-physiologischen Abtheilung des Physiologischen Instituts zu Berlin).

Im Verlaufe von Untersuchungen, welche den Einfluss des natürlichen Klima's, und des künstlichen Klima's der Wohnung und Kleidung auf die Blutcirculation, sowie die Feststellung der Bedingungen zum Gegenstand hatten, unter welchen die Haut plötzliche Temperatur-Aenderungen von 40—60° C. ohne nachtheilige Folgen zu ertragen im Stande sei, trat das Bedürfniss an mich heran, die Blutverhältnisse der Haut genauer charakterisiren zu können. Obgleich ich durch verschiedene Beobachtungen zur Ueberzeugung gelangt war, dass sowohl der Haut als auch den Hautsecreten noch stark oxydirende Wirkungen zukommen, so waren doch meine Bemühungen, mit den gewöhnlichen Reagentien die Dauerformen des activen Sauerstoffes, das Ozon und das Wasserstoffsuperoxyd durch die unverletzte Haut hindurch nachzuweisen, vergeblich und ich sah mich deshalb nach anderen Mitteln um, den etwa vorhandenen activen Sauerstoff aufzufinden.

Vor ungefähr acht Jahren liess ich in Prof. von Baeyer's Laboratorium die Methylderivate des Paraphenylendiamins, die sich durch die Leichtigkeit anszeichnen, mit welcher sie durch Oxydationsmittel und zwar das Dimethylparaphenylendiamin in rothe und violette, das Tetramethylparaphenylendiamin in blau-violett gefärbte Körper übergehen, eingehend untersuchen.

Diese methylirten Paraphenylendiamine werden weder durch Säuren noch Alkalien, noch durch Reductionsmittel verändert, da sie durch Erhitzen mit Säuren unter Druck bei 270° oder durch Reduction mit Zinn und Salzsäure, durch Behandeln mit concentrirter Natronlauge und Ausschütteln mit Aether gewonnen werden, und unzersetzt oberhalb 250° C. destilliren.

Nur activer Sauerstoff verändert die Körper rasch, führt dieselben zuerst in intensiv gefärbte Körper über, die ich grössentheils im Verein mit Dr. Sendtner und Dr. Schobig isolirt und analysirt habe. Durch weitere Oxydation gehen die Körper in farblose, nicht mehr farbstoffbildende Producte über.

Die Farbstoffbildung, welche einer inneren Condensation im Molecül durch eine Kohlenstoff-Stickstoffbindung unter Verlust von zwei Wasserstoffatomen entspricht, wird bewirkt durch 1 Atom freien Sauerstoff oder 2 Atome Chlor oder Brom. Die weitere Oxydation verlangt nahezu 6 Atome Sauerstoff, der so entstehende farblose Körper ist nicht mehr farbstoffbildend und nicht weiter charakterisirt.

Meine Hoffnung, mit Hülfe dieser methylirten Paraphenylendiamine ein empfindliches Reagenspapier herstellen zu können, um Spuren activen Sauerstoffes nachzuweisen, hat sich erfüllt und habe ich diese Papiere zu meinen Untersuchungen beibehalten, da sie auf so einfache Weise nicht nur Oxydationen, sondern bei Anwendung der gefärbten Papiere auch zugleich Reductionen zu erkennen gestatten. Maassgebend für mich war ferner der Umstand, dass ich mit den Körpern, ihrem Verhalten und ihren Veränderungen genau bekannt bin und dass ich mich so eher vor falschen Deutungen schützen zu können glaubte.

Gewöhnlicher Sauerstoff verändert das Papier kaum. Ich besitze Papiere, welche $1\frac{1}{2}$ Jahre alt sind und noch vollkommen brauchbar sich erweisen. Die Papiere werden durch Dr. Theodor Schuchardt in Görlitz hergestellt.

und können von demselben bezogen werden. In Lösung sind die Basen wenig haltbar.

Alle Oxydationsmittel geben mit den Reagenspapieren die Farbenreactionen, es sind demnach die Papiere kein Reagens um die verschiedenen Oxydationsmittel zu unterscheiden, sondern sollen nur dazu dienen, activen Sauerstoff oder Körper, welche activen Sauerstoff in Form von höheren Oxyden enthalten oder Körper, die Sauerstoff zu activiren im Stande sind, nachzuweisen, da wo die alten Methoden uns im Stiche lassen.

Es zeigt sich hierbei, dass nicht nur alle Hyperoxyde — die gewöhnlichen Oxydationsmittel — die Farbenreaction geben, sondern auch diejenigen Körper, in welchen wir bis jetzt den Sauerstoff der Luft nur in einfach condensirtem Zustande annahmen wie der Platinschwamm und die Holzkohle. Ja, alle porösen Körper und Körper mit grosser Oberfläche, die der Luft oder dem Sauerstoff ausgesetzt waren, wirken farbstoffbildend oder gar weiter oxydirend, ebenso wirken färbend, also die Anwesenheit activen Sauerstoffs anzeigend, die Aldehyde, die aetherischen Oele und eigenthümlicherweise auch die Mehrzahl der Substanzen, die wir als Desinfectionsmittel benützen, besonders im Sonnenlichte, mit dem Kochsalz, dem Rohrzucker, dem Kohlenpulver beginnend, bis zum Aetzsublimat.

Das Ozon der Luft, welches uns unser Geruchsorgan oft genug dann am stärksten nachwies, wenn die Jodkaliumreagenspapiere kein Ozon anzeigten, färbt das Tetramethylparaphenylendiaminpapier oft schon in 3 bis 5 Minuten, so dass hiermit eine Momentan-Bestimmung des Ozon's in der Luft möglich ist, während die Jodkaliumpapiere nur Mittel von vielen Stunden oder von 24 Stunden geben. Ja, die Papiere sind so empfindlich, dass nicht nur thierische und Pflanzensäfte dieselben tief färben, oder weiter oxydiren, sondern — entsprechend der activirenden Wirkung des Palladium-Wasserstoffes auf den Sauerstoff, deren Kenntniss wir dem Scharfsinne Hoppe-Seyler's verdanken, — wirkt auch der frische Querschnitt der überlebenden, vom Körper getrennten Muskeln, besonders der Froschmuskeln, activirend auf den Luftsauerstoff und färbt die Papiere zuweilen intensiv.

Das empfindlichste Papier ist das Tetramethylparaphenylendiamin, welches ich zu meinen Versuchen hauptsächlich benutzte. Dasselbe geht durch Verlust von zwei Wasserstoffatomen in einen blau-violett gefärbten Körper über. Der Farbstoff ist activem Sauerstoff gegenüber ziemlich beständig, durch Chlor, durch salpetrige Säure verändert sich die Farbe bald, geht durch roth-violett in roth über, dann farblos werdend. Die Wirkung der salpetrigen Säure habe ich genau verfolgt, dieselbe spaltet zuerst eine Methylgruppe ab, und bildet ein Derivat des Trimethylparaphenylendiamins, welches selbst einen roth-violetten Farbstoff bei der Oxydation bildet und welches ich auf diese Art und Weise isolirte; bei weiterer Oxydation entsteht der farblose Körper. Die Färbung geschieht durch die Einwirkung eines Atomes Sauerstoff, die Entfärbung durch weitere sechs Sauerstoffatome.

Das Tetramethylparaphenylendiamin gestattet nun die Oxydationsverhältnisse der Haut zu studiren. Das Papier mit Wasser befeuchtet auf die Haut, besonders der Fingerbeeren, der Wange, der Stirne gebracht und feucht gehalten, färbt sich oft momentan tiefblau-violett und bleibt so mehrere Stunden; in anderen Fällen wird es bei stundenlangem Liegen nicht gefärbt und nicht verändert, ein Tropfen Essigsäure und äusserst verdünntes übermangansaures Kali erzeugt die Färbung, noch öfter jedoch wird das Papier, besonders durch ge-

wisse Arten von Schweiss momentan entfärbt, weiter oxydirt. Dies wird daran erkannt, dass Essigsäure und Permanganat oder der Milchsaft gewisser Pflanzen eine Farbenreaction mehr giebt, sicherer ist es das Papier mit Natronlauge und Aether zu schütteln, den Aether mit einem Tropfen sehr verdünnter Chromsäure in Eisessig oder Kupfersulphat zu versetzen, worauf bei Anwesenheit der unveränderten Base die Farbe entsteht. Die Tupfmethode mit Essigsäure und einem Oxydationsmittel wird jedoch in den meisten Fällen genügen. Die Erklärung dieses Verhaltens der Haut hoffe ich zum Gegenstand einer späteren Mittheilung machen zu können. Speichel mit etwas Essigsäure versetzt, giebt gewöhnlich mit dem Reagens eine deutliche Färbung

Viel intensiver jedoch sind die Farbenreactionen, die man mit vielen Pflanzensäften erhält, von denen manche das Papier so intensiv färben, wie eine käufliche Lösung von Wasserstoffsuperoxyd.

Das Dimethylparaphenylendiamin ist nicht so empfindlich für activen Sauerstoff wie das Tetramethylparaphenylendiamin. Es wird durch Wasserstoffsuperoxyd und Oxydationsmittel in saurer Lösung tief fuchsinroth gefärbt, und färbt sich auf der Haut erst dann intensiv, wenn bei dem Tetra die Entfärbung schon beginnt. Ist das Papier schwach, oder die Lösung verdünnt, so geht die weitere Oxydation zu der farblosen Verbindung ebenfalls unter Verbrauch von sechs Sauerstoffatomen rasch vor sich. Ist die Lösung concentrirt oder bleibt die fuchsinrothe Lösung stehen, oder wird auf kurze Zeit erwärmt, so entstehen violette und blaue Farbstoffe, welche gegen Oxydationsmittel etwas beständiger sind, als der rothe Farbstoff.

Halten wir Uebersicht über die Oxydationsmittel, welchen wir in den Körpersecreten und in den Pflanzensäften die Oxydation zuschreiben sollen, so bleiben bei näherer Betrachtung eigentlich nur zwei übrig, nämlich: das Wasserstoffsuperoxyd, und in neutralen Flüssigkeiten könnte auch die salpetrige Säure diese Oxydation bewirken. Das Ozon ist schon deshalb ausgeschlossen, da dasselbe sich durch seinen Geruch noch eher zu erkennen giebt, als dies meine so sehr empfindlichen Papiere thun und das Ozon zu kräftig oxydirend wirkt um neben leichtzersetzlichen Substanzen zu bestehen. Es ist vielfach, besonders im Blute auf Ozon gefahndet worden, meistens mit negativem Erfolg. Obwohl die Bildung des Ozons im Thierkörper für möglich gehalten wurde, so bezweifelte man von vielen Seiten das Vorkommen des Wasserstoffsuperoxyds in demselben und wurde das Vorkommen desselben gar nicht ernstlich in Betracht gezogen. Das reine Wasserstoffsuperoxyd lässt sich in saurer Lösung lange aufbewahren, doch zersetzt es sich rasch durch die mannigfaltigsten Veranlassungen, eine Flocke Thonerde oder Eisenhydrat, Durchleiten von Gasen, durch pulverförmige eckige Körper, Schütteln mit Luft u. s. w., besonders aber durch Oxyde und Hyperoxyde die activen Sauerstoff enthalten, so dass noch vor Kurzem Hoppe-Seyler das Vorkommen des Wasserstoffsuperoxyds im Thierkörper in Abrede stellte, da es in den alkalischen Körpersäften noch zersetzt werde.

Dies ist jedoch nur theilweise richtig; das Wasserstoffsuperoxyd ist in der alkalischen Hühnereiweisslösung sehr beständig, ich habe derartige Lösungen Monate lang aufbewahrt, das Eiweiss noch coagulirbar und ebenso das Wasserstoffsuperoxyd noch vorgefunden, wie dies auch Thénard schon angiebt und Béchamp bestätigt hat. Hingegen wird durch saures Wasserstoffsuperoxyd Eiweiss rasch zersetzt. Auch durch Milchsäure und Kochsalz, wie es nach meinen vorläufigen Untersuchungen scheint, besonders bei heftigem Schütteln,

wird das Hühnereiweiss zuweilen in einen in Wasser unlöslichen Syntonin- oder Casein-ähnlichen Körper verwandelt, welcher sich in kohlensaurem Natron mit Leichtigkeit löst.

Ist das Wasserstoffsuperoxyd in alkalischen Eiweisslösungen beständig, so dürfen wir sein Vorkommen im Thierkörper nicht mehr ohne Weiteres von der Hand weisen, seitdem Hoppe-Seyler durch seine bedeutungsvollen Versuche über die Activirung des Sauerstoffes durch Reductionsprocesse einiges Licht in das Dunkel der physiologischen Oxydationen gebracht hat. Ob hierbei nach Hoppe-Seyler das freie Wasserstoffatom das Sauerstoff-Molecül spaltet, das frei gewordene Sauerstoffatom Wasserstoffhyperoxyd bildet, oder ob, wie Traube annimmt, die freien Wasserstoffatome sich an das Sauerstoffmolecül anlegen und so Wasserstoffsuperoxyd bilden, wird wohl erst die Zukunft entscheiden, obwohl Baumann im hiesigen physiologischen Institut das Freiwerden von Sauerstoffatomen durch das Palladium-Wasserstoff Graham's, mittels der, bei gewöhnlicher Temperatur erfolgten Oxydation des Kohlenoxyds zu Kohlensäure schon bewiesen hat.

Dass den Pflanzen ein so ausserordentliches Reductionsvermögen zukommt ist durch die vor unseren Augen ablaufenden Processe, durch die Reduction der Kohlensäure, zur Gewissheit geworden, trotzdem freier Wasserstoff nur in den seltensten Fällen auftritt.

Hoppe-Seyler's Arbeiten über die Activirung der Sauerstoffe geben uns nun Ansichten darüber, wie bei Anwesenheit von Sauerstoff das reductionskräftige Protoplasma zugleich die höchsten Oxydationen zu vollführen im Stande ist durch Activirung des Sauerstoffes, welcher active Sauerstoff nur in derjenigen Dauerform sich erhalten wird, die in alkalischer Eiweisslösung beständig ist, nämlich als Wasserstoffsuperoxyd.

Leider giebt mein Reagens keine unanfechtbare Entscheidung, ob Wasserstoffsuperoxyd oder salpetrige Säure die Färbung auf der Haut im Speichel und in den Pflanzensäften bedingt. Ich habe schon angeführt, dass das Tetramethylparaphenylendiamin durch Wasserstoffsuperoxyd in essigsaurer Lösung langsam gefärbt und langsam entfärbt wird. Die Farbe ist oft 24 bis 48 Stunden beständig, ebenso hält sich die Färbung 1 bis 2 Stunden in schwefelsaurer Lösung, in salzsaurer oxydirt Wasserstoffsuperoxyd das Tetramethylparaphenyldiamin rasch weiter. Setzt man zu der essigsauren oder milchsauren Lösung etwas Kochsalz oder Kochsalzlösung, so entfärbt sich das Papier durch weitere Oxydation in wenigen Minuten durch roth-violett in roth übergehend und ist dies ein überzeugendes Experiment, dass organische Säuren in Gegenwart von Kochsalz ähnlich wirken, wie freie Salzsäure, also Salzsäure aus dem Kochsalz in Freiheit setzen.

Salpetrige Säure in der Concentration, in welcher sie in alkalischer Lösung das Tetramethylparaphenylendiamin ebenso tief färben würde, wie es die Haut und die Pflanzensäfte thun, entfärbt in neutraler und saurer Lösung das Papier sofort, erst wenn die Verdünnung 0·00001 bis 0·00 0001 erreicht, entfärbt die salpetrige Säure auch in saurer Lösung nur langsam.

Wir verdanken nun den unermüdlichen Arbeiten von Peter Griess in der Bildung von Azofarbstoffen zwei äusserst empfindliche Methoden, salpetrige Säure nachzuweisen. Da die Farbstoffbildung bei den Griess'schen Reactionen, und zwar sowohl die gelbe mit Metaphenyldiamin, als auch die rothe mit Sulfanilsäure und Naphthylamin, an das Vorhandensein der salpetrigen Säure

geknüpft ist, so sollten diese Reactionen einen definitiven Schluss auf die An- oder Abwesenheit von salpetriger Säure gestatten.

Pflanzensäfte geben die Griess'sche Reaction nicht, ebenso war es mir nicht möglich, weder in frischem Menschenspeichel, noch in dem durch elektrische Reizung der Chordafasern aus dem Ductus Whartonianus gewonnenen Hundespeichel salpetrige Säure mit der Griess'schen Reaction nachzuweisen, ebenso fand ich kein Rhodankalium. Dies Resultat ist um so auffallender, als Griess und andere Autoren salpetrige Säure im Speichel gefunden haben.

Da die Speichel meine Papiere intensiv färbten, eine Reaction, die ich auf Wasserstoffsuperoxyd zu deuten hatte, so wurde ich darauf geführt, das Verhalten des Wasserstoffsuperoxyds der salpetrigen Säure gegenüber zu studiren. In saurer Lösung oxydirt $H_2 O_2$ momentan die salpetrige Säure zu Salpetersäure. Letztere giebt jedoch die Griess'sche Reaction nicht. Ist salpetrige Säure neben Wasserstoffsuperoxyd vorhanden, so wird dieselbe die Griess'schen Reactionen nur dann geben, wenn sie im Ueberschuss vorhanden ist.

Eine Erklärung für das Vorkommen und das Finden der salpetrigen Säure in thierischen Säften habe ich jedoch aufgefunden. Ich experimentirte mit ganz frischem Speichel, Griess säuert den seinen an und filtrirt. Nach meinen Untersuchungen führt Wasserstoffsuperoxyd Ammoniak beim Stehen in einigen Stunden, beim Kochen in wenigen Minuten in salpetersaures Ammoniak über. Ist in den thierischen Säften Wasserstoffsuperoxyd und Ammoniak vorhanden, so kann auch die Bildung von Nitriten stattfinden.

Die Speichel, welche im frischen Zustande die Wasserstoffsuperoxydreaction, die Nitritreactionen jedoch nicht gaben, zeigten, nachdem sie 24 Stunden mit Ammoniak gestanden hatten, oder einige Minuten gekocht waren, deutliche Griess'sche Salpetrigsäurereaction. Diese Ueberführung des Ammoniaks in Nitrit spricht sehr zu Gunsten der Anwesenheit von Wasserstoffsuperoxyd im Speichel, um so mehr, als die Oxydation des Ammoniaks zu Nitrit durch Wasserstoffsuperoxyd rascher vor sich gehen kann, als es in Hoppe-Seyler's Versuchen der Fall war.

Der Nachweis des Vorkommens von Wasserstoffsuperoxyd in Pflanzensäften, welches von Clermont und Anderen behauptet, von Belluci bestritten wird, gelingt mir auf keine Weise durch die Chromsäure-Reaction von Barreswill. Es ist dies leicht erklärlich, da beim Auspressen der Pflanzen und beim Zerreiben das Wasserstoffsuperoxyd durch das Chlorophyll und das Protoplasma des Organbreies fast momentan zersetzt wird, wie die Gasentwickelung dies kund giebt. Ja geringe Mengen Wassertoffsuperoxyds, die man absichtlich zusetzt, werden von den zerriebenen Pflanzentheilen zersetzt, erst beim Hinzufügen weiterer Mengen Wasserstoffsuperoxyds tritt die Chromsäurereaction ein. Es ist demnach das Nichteintreten der Chromsäurereaction kein Beweis gegen die Anwesenheit des Wasserstoffsuperoxyds in den Pflanzensäften.

Das Verhalten der Pflanzen gegen das Dimethylparaphenylendiaminpapier spricht ebenfalls für Wasserstoffsuperoxyd. Während das Tetra mit dem Milchsafte sich in feuchtem Zustande über die ganze Papierfläche ausdehnt, dasselbe dauernd tief blauviolettfärbend, so erscheint bei dem Dimethylparaphenylendiamin die rothe Farbe nur unbedeutend, es entstehen vielmehr beim Betupfen der Papiere mit einer frischen Schnittfläche eng umgrenzte, tief violette oder blauschwarze Zeichnungen der Fibrovasalstränge der Pflanzen, und zwar von einer Intensität der Färbung wie sie uur eine alkalische Wasserstoffsuperoxydlösung

giebt. Salpetrige Säure war zu gleicher Zeit mit der Griess'schen Reaction in den Pflanzensäften nicht nachzuweisen, erschien jedoch in schönster Weise beim Zusatz eines Tropfens einer Lösung von salpetrigsaurem Natron 1 pro Mille, welche selbst das Dimethylparaphenylendiaminpapier nur roth färbte und dürfte somit die Anwesenheit des Wasserstoffsuperoxyds in gewissen Pflanzensäften und zwar dort in relativ concentrirter Lösung als festgestellt zu betrachten sein.

In ganz jugendlichen und rasch wachsenden Pflanzentheilen ist kein Wasserstoffsuperoxyd nachzuweisen; dasselbe verschwindet rasch mit dem Welkwerden der Pflanze, ebenso nach einem Nachtfrost in Pflanzen, die viel davon enthielten, erscheint jedoch wieder, wenn die Pflanzen sich erholen. Es ist demnach die Entstehung, und das Bestehen des Wasserstoffsuperoxyds in der Pflanze einer Eigenschaft des thätigen lebenden Pflanzenprotoplasma's zuzuschreiben, welche an ein gewisses Lebensalter geknüpft ist und verschwindet mit dem Verringern oder dem Aufhören der Lebensthätigkeiten.

Ich habe die Reactions- und Oxydations-Verhältnisse der Pflanzen im Verlaufe von mehreren Jahren eingehend untersucht und werde gelegentlich hierüber berichten. Doch soll es mich freuen, wenn von berufener Seite das Studium mit den von mir hergestellten Reagentien mikroskopisch und makroskopisch auch in Angriff genommen werden würde.

Arterielles Blut und Plasma färben das Papier nicht, oxydiren dasselbe auch nicht weiter. Erst beim Zusatz von Eisessig oder beim Zerfall der Blutkörperchen findet, wie es scheint, eine Activirung des Sauerstoffes statt, das Papier färbt sich tief blauviolett.

Vasotonische Aphorismen.

Von

Dr. Ustimowitsch.

(Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.)

1) Langsames Sinken des Blutdruckes nach Zerschneidung des Halsmarkes. — Dass nach der Durchschneidung des Rückenmarkes innerhalb des zweiten Halswirbels der arterielle Blutdruck absinkt, gehört zu den unbestrittenen Thatsachen. In der betreffenden Litteratur finden sich häufig genug Angaben über die Grösse des Abfalles, seltener aber solche über die Geschwindigkeit, mit welcher er fortschreitet. Da der zeitliche Verlauf des Absinkens, weil von ihnen abhängig, Eigenthümlichkeiten des Rückenmarkes nachweist, so möchte ich auf ihn die Beachtung und zwar dadurch hinlenken, dass ich einige Erfahrungen mittheile, die ich gelegentlich einer auf andere Ziele gerichteten, vor Jahren ausgeführten Versuchsreihe gewann.

Von der Voraussetzung aus, dass im verlängerten Marke die Reize entwickelt werden, in Folge welcher die abwärts verlaufenden Vasomotoren auf einen höheren Grad erregt werden, als dieses von den tiefer gelegenen Centren geschehen kann, sollte man erwarten, dass nach dem Zerschneiden des Halsmarkes rasch der Tonus der Gefässmuskeln auf den niederen Stand herabsinke und verharre, welchen ihm das Rückenmark zu ertheilen vermag. Einer derartigen Forderung kommen die Thatsachen nicht entgegen.

Nach einer, unter möglichster Schonung von Blut mit einer scharfen Scheere ausgeführten Durchschneidung des Halsmarkes, verhalten sich die Thiere verschieden. Einige sterben schon wenige Minuten später, bei anderen findet sich zu derselben Zeit der Druck in der Carotis schon bei 20 bis 40^{mm} Hg angelangt, in anderen hält er sich dagegen viele Minuten hindurch

auf einer verhältnissmässig beträchtlichen Höhe von der er erst langsam auf 30 bis 40 ^{mm} herabgeht.

Aus mehrfachen Befunden an ausgewachsenen mittelgrossen Hunden mögen beispielsweise die folgenden hier Platz finden. Die Angaben, welche sich auf die Verhältnisse nach der Durchschneidung des Markes beziehen, sind insofern unvollständig, als die Messungen nicht unmittelbar nach der vollendeten Operation, sondern erst dann anfingen, als die Zuckungen der Körpermuskeln beruhigt und das Thier aus der Bauch- in die Rückenlage übergeführt war. Zwischen dem Beginn der Beobachtungen des arteriellen Druckes sowie des Pulses und der beendeten Durchschneidung war demnach eine unbekannte Zahl von wenigen Minuten verstrichen.

Die Zeiteinheit für die Pulszahl beträgt 5 Secunden. — Traten Schwankungen im arterielle Mitteldruck ein, so wurde dieser für seine höheren und niederen Werthe planimetrisch bestimmt. — Die Zeit nach der Durchschneidung des Markes wird vom Beginne der Messungen an gezählt.

I. a. Vor Durchschneidung des Halsmarkes.

Während 85 Secunden bewegt sich der arterielle Druck zwischen 129 und 140 ^{mm}. Die Pulszahl beträgt 5·5.

b. Nach Durchschneidung des Halsmarkes

von 0 bis 115 Sec. bewegt sich der arterielle Druck zwischen 120 u. 128 ^{mm},
die Pulszahl zwischen 8·5 u. 9;
bis 1695 Sec. bewegt sich der arterielle Druck zwischen 111 u. 100 ^{mm},
die Pulszahl zwischen 8 u. 6·5;
bis 3260 Sec. bewegt sich der arterielle Druck zwischen 59 u. 70 ^{mm},
die Pulszahl zwischen 8 u. 9·5;
bis 6590 Sec. bewegt sich der arterielle Druck zwischen 41 u. 49 ^{mm},
die Pulszahl beträgt 8·2;
bis 7400 Sec. bewegt sich der arterielle Druck zwischen 36 u. 41 ^{mm}
die Pulszahl zwischen 8 u. 9.

II. a. Vor Durchschneidung des Halsmarkes.

Während 60 Secunden besteht ein arterieller Druck von 167 ^{mm}. Die Pulszahl beträgt 9.

b. Nach Durchschneidung des Halsmarkes

von 0 bis 1620 Sec. schwankt der art. Druck von 99—124—87—112—99.
Die Pulszahl steigt von 4 bis 11
bis 2570 Sec. schwankt der arterielle Druck zwischen 99 bis 79,
die Pulszahl von 9 bis 7;

bis 3745 Sec. schwankt der arterielle Druck zwischen 82 bis 70,
die Pulszahl zwischen 7·5 und 7
bis 5765 Sec. schwankt der arterielle Druck zwischen 70 bis 48,
die Pulszahl zwischen 7 und 6.

Unzweifelhaft ist das langsame und unter Schwankungen vollführte Absinken des arteriellen Druckes schon oft beobachtet,[1] jedoch deshalb wenig berücksichtigt worden, weil dasselbe auf eine entsprechend allmähliche Abnahme der Erregung bezogen wurde, in welche das Rückenmark durch den Schnitt versetzt war. — Zugegeben, die Annahme sei begründet, so würde durch sie den vasomotorischen Centren des Rückenmarkes eine Eigenthümlichkeit zugewiesen, welche den anderen erregbaren Theilen desselben fehlt. Schon wenige Minuten nach der Ausführung des Markschnittes sind die Skeletmuskeln vollkommen erschlafft, zum Beweise dafür, dass sich die Erregung ihrer nervösen Vertreter im Rückenmarke beruhigt habe, indess öfter noch bis zu drei Stunden hin die deutlichsten Zeichen dafür bestehen, dass die Gefässmuskeln vom Rückenmarke aus gereizt werden. Einen Vorzug würde man den vasomotorischen Erregern des Rückenmarkes auch dann zusprechen müssen, wenn man die Ursache ihrer dauerhaften Wirkungsfähigkeit in den Reiz legen wollte, welcher von den chemischen Vorgängen ausstrahlte, die das Absterben der in der Schnittfläche gelegenen Fasermassen begleiten muss.

Solange aber die vasomotorischen Centren des Rückenmarkes in einer Erregung verharren, solange müssen in ihrem Inneren stetige Umlagerungen ihrer Bestandtheile geschehen, weil bekannten Grundsätzen gemäss ein reizbares Gebilde einen empfangenen Anstoss nicht einfach fortpflanzt, vielmehr durch einen solchen zur Auslösung von Kräften veranlasst wird. Und weil die vasomotorischen Centren in Folge eines sie treffenden Reizes in eine sehr anhaltende Erregung versetzt werden, so bedarf es auch im unversehrten Zustande der Markmassen, zur Festhaltung des Gefässtonus nicht stetiger Anregungen von Seiten des Hirnes, vielmehr müssen hierzu zeitweilig erfolgende Anstösse ausreichen. Auf sie kann jedoch nicht verzichtet werden, wegen des allmählichen Ausklingens der Erregung in den sich selbst überlassenen Rückenmarkscentren.

2) Reflexe auf die Gefässe vom Rückenmarke aus. — An verschiedenen Orten[1] findet sich schon die Bemerkung ausgesprochen, dass sich im Verhalten des vom Gehirne losgelösten Rückenmarkes des Hundes und des Kaninchens Unterschiede finden. Beim Kaninchen sinkt der arterielle

---

[1] Siehe u. a. Stricker, *Wiener medicinische Jahrbücher*. 1878.
[2] Siehe Schroff, *Wiener medicinische Jahrbücher*. 1875.

Druck nach der Durchschneidung des Halsmarkes rascher ab als beim Hunde, dagegen bedingt dann eine Reizung sensibler Nerven bei dem ersteren Thiere häufiger ein merkliches Ansteigen des arteriellen Druckes als es beim Hunde der Fall ist.

Auch in meinen Beobachtungen sind, und zwar weitergehende Unterschiede in der Reflexerregbarkeit hervorgetreten. Ihrer Mittheilung voraus erinnere ich daran, dass von der Anwendung irgend welchen Giftes abgesehen wurde.

Durch stärkste Drücke auf die Pfoten, oder faradische Reizung der centralen Enden des N. ischiadicus wird beim Kaninchen, dessen Halsmark durchschnitten ist, in der Regel der arterielle Blutdruck emporgebracht, doch meist nur um sehr kleine Werthe. Selbst nach maximaler und andauernder Reizung des centralen Ischiadicusstumpfes stieg der Druck höchstens um 8 ^{mm} Hg meist nur um 2 bis 4 ^{mm}. — Unter zahlreichen Beobachtungen fand sich nur eine, welche Erscheinungen denen ähnlich blicken liess, wie sie nach Strychninvergiftung auftreten. In ihr war sofort nach der Zerschneidung des Halsmarkes der arterielle Druck auf 35 ^{mm} Hg herabgegangen. Als eine der Hinterpfoten zwischen den Fingern gepresst wurde, stieg die Hgsäule auf 67 ^{mm}; etwa eine halbe Minute nach dem Aufhören des Druckes stellte sie sich bei 116 ^{mm} ein, und als nun die Pfote von Neuem gepresst wurde, wuchs der arterielle Druck auf 128 ^{mm} Hg empor. Von diesem Zeitpunkte an sank der Druck sehr allmählich jedoch unter mannigfachen Schwankungen herab; wiederholte Reizungen der Haut durch Drücke und Inductionsströme bedingten, wenn überhaupt, nur Druckerhöhungen von wenigen Millimetern Umfang.

Ganz verschieden pflegen sich unter gleichen Umständen die Folgen der sensiblen Reizung beim Hunde auszudrücken. Wie und wo man auch sensible Gebilde reizt, sehr selten ereignet sich ein Ansteigen der Hgsäule und wenn, so ist es von einem eben merklichen Werthe. Sehr häufig dagegen sinkt der arterielle Druck während und unmittelbar nach der Reizung sensibler Nerven und zwar am stärksten, wenn der reizende Angriff kurze Zeit nach der Rückenmarksdurchschneidung unternommen wird. Zum Belege diene die folgende Beobachtung; die Reizung geschah mit Inductionsströmen auf das centrale Ende des durchschnittenen N. ischiadicus. Von sechs aufeinanderfolgenden Reizungen dürfte die Anführung dreier genügen.

1. Vor der Reizung ist der arterielle Druck = 170 ^{mm} Hg. — Während 18 Sec. untermaximal gereizt, sinkt der Druck auf 148 ^{mm} Hg

2. Vor der Reizung ist der arterielle Druck = 154 ^{mm} Hg. — Während 30 Sec. maximal gereizt, sinkt der Druck auf 124 ^{mm} Hg

6. Vor der Reizung ist der arterielle Druck = 90 ^{mm} Hg. — Während 30 Sec. maximal gereizt, sinkt der Druck auf 76 ^{mm} Hg.

Zu diesen und ähnlichen Versuchen ist zu bemerken, dass während der Reizung der Druck nicht plötzlich, vielmehr allmählich abnimmt und im Absinken nach der Beendigung der Reizung noch 4 bis 5 Secunden hindurch fortfährt. Darum tritt bei kurzen Reizungsperioden das Absinken oft erst nach der Beendigung der Reizung ein. Von seinem tiefsten Stande aus geht dann der Druck wieder allmählich empor, doch nicht über die Höhe, welche er vor dem Angriffe auf die sensiblen Nerven einnahm.

Für die Erkenntniss der Ursachen, welche das Rückenmark befähigen, auch nach seiner Trennung vom Gehirn einen dauernden und mächtigen Reiz auf die Muskelringe der Gefässe zu üben, sind die Reflexversuche von Bedeutung; denn sie widerlegen die Annahme, dass der grössere Grad von Erregung, welcher den Gefässcentren des Rückenmarkes noch längere Zeit nach ihrer Abtrennung vom Hirn verbleibt, einem von der sensiblen Peripherie hereindringenden Anstoss zu verdanken sei. Die oft erörterte Frage, ob die vom verlängerten Mark ausgehenden Reize dort selbständig entwickelt oder auf reflectorischem Wege angeregt seien, ist durch die hier gefundenen Thatsachen zu Gunsten der ersteren Annahme entschieden, wenn man voraussetzen darf, dass die vasomotorischen Centren des Rücken- und des verlängerten Markes von gleicher Beschaffenheit seien.

Alles, was zum Beweise für die Uebereinstimmung der an den verschiedenen Orten eingebetteten Werkzeuge beitragen kann, wird darum von Wichtigkeit; deshalb versäume ich nicht hervorzuheben, dass sich in meinen Versuchen die schon von anderen Beobachtern gefundene Wirkung der Erstickung auf das isolirte Rückenmark bestätigt hat. Der Blutdruck steigt, wenn dem unversehrten Thiere der Zutritt der Luft in die Lunge verweigert wird, und dasselbe geschieht, wenn auch nicht immer, so doch häufig, wenn die künstliche Athmung nach der Abtrennung des Rückenmarkes vom Gehirn still steht. Nur insofern besteht für die beiden verschiedenen Zustände der nervösen Centren regelmässig ein Unterschied, als die Steigerung des Druckes bei der Wirkungsfähigkeit des verlängerten Markes weit bedeutender ausfällt, als bei der alleinigen des Rückenmarkes. Dazu kommt auch noch ein Zweites. Wenn die Erstickung nach der Durchschneidung des Halsmarkes herbeigeführt wird, so bedingt diese öfter ein anfängliches, aber vorübergehendes Sinken des Druckes, dem dann, namentlich nach der Wiederkehr der Athmung, ein Steigen folgt, welches den Druck über die vor dem Erstickungsanfall vorhandene Höhe hinaustreibt.

Starke Erniedrigung der normalen Temperatur des Körpers steigert die Reflexerregbarkeit des Rückenmarkes und den Tonus der Gefässe. In Anbetracht dessen hielt ich es für belangreich, die Thiere, deren Halsmark durchschnitten war, möglichst tief abzukühlen und an ihnen den arteriellen Blutdruck zu messen. Obwohl nach der Durchschneidung des Rücken-

markes die Neigung des Thieres dem künstlichen Bestreben entgegenkommt, so bedarf es doch einer anhaltenden Einlagerung in einem auf 0° C. beharrenden Metallkasten und der Anwendung von Eisumschlägen auf das Thier, um die Wärme des Mastdarmes nach 3 bis 4 Stunden auf 23° C. herabzubringen. — Bevor sich noch die Temperatur um mehr als einige wenige Grade von der normalen entfernte, hatte auch schon der arterielle Druck Zeit gefunden, um sich von dem ursprünglichen höheren auf 50 und andere Male auf 30^{mm} Hg herabzumindern. Nachdem die Temperatur des Rectums unter 30° C. gesunken war, zeigte der Druck mehrfache, aus sichtbaren Veranlassungen nicht erklärliche Schwankungen, die ihn bald bis zu 10^{mm} unter, bald um 30^{mm} Hg und mehr über den mittleren Stand brachten. Unterhalb 25° C. schlug das Herz seltener, aber kräftiger. Gleichzeitig war die Reflexempfindlichkeit gewachsen, so dass z. B. die Berührung des freigelegten Darmes Dauercontraction im Zwerchfell und den Bauchmuskeln herbeiführte.

Im Anschluss an eine frühere Untersuchung[1] schien es mir wichtig, zu erfahren, ob bei den so tief abgekühlten Hunden die Harnabsonderung noch fortbestehe. — Es kommt, wie ich in der angezogenen Abhandlung nachgewiesen, nach der Zerschneidung des Halsmarkes die Niere nur dann in sichtbare Thätigkeit, wenn in die Venen einige Gramm Harnstoff eingeführt werden. Als diese Vorbedingung erfüllt war, trat aus dem freigelegten Ureter der auf 23° C. abgekühlten Thiere in der That Harn hervor.

3. Arterieller Druck nach Zerstörung des Rückenmarkes. — Ueber den Antheil, welchen das Rückenmark an dem Tonus der Blutgefässwand nimmt, kann, so sollte man meinen, der Blutdruck einen Aufschluss gewähren, welcher nach einer vollkommenen Zerstörung des Rückenmarkes fortbesteht. — Dem Anschein nach ist die aufgeworfene Frage durch den bekannten Versuch von Goltz[2] am Frosche dahin entschieden, dass der gesammte Betrag des Tonus, welcher dem Gefässbaum nach der Zerstörung des Gehirns verbleibt, auf Rechnung des Rückenmarkes zu setzen sei. Indess bleibt die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass sich die Sache beim Säugethier anders als beim Frosch verhalte, und ein Zweifel an der bis dahin angenommenen Uebereinstimmung gewinnt eine Unterstützung durch diejenige Reihe von Thatsachen, welche verschiedene Beobachter, u. A. auch Goltz,[3] veranlasst haben, innerhalb der Gefässwand selbst Einrichtungen anzunehmen, die zur Entwickelung von Muskelreizen befähigt seien.

---

[1] *Arbeiten aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.* 1870.
[2] Virchow's *Archiv* u. s. w. 1864. Bd. XXIX.
[3] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. IX.

An den Thieren, die zur Feststellung der Thatsachen dienen sollten, waren die Vagi am Halse und das Halsmark im Bereich der Membrana atlantico-occipitalis durchschnitten, ausserdem war der Wirbelkanal am Kreuzbein geöffnet. Die Zerstörung des Rückenmarkes konnte also von oben oder von unten her unternommen werden. Jedesmal wurde sie durch einen an seinen Enden abgerundeten Fischbeinstab ausgeführt, der in den Sack der Dura mater eingesteckt, den ganzen Wirbelkanal entlang bis zur entgegengesetzten Oeffnung desselben geführt und durchgezogen wurde, nachdem er vorher so lange gedreht und hin- und hergeschoben war, bis sich keine Zuckungen mehr in den Körpermuskeln hervorrufen liessen.[1] Sicherheit für die Zerstörung des Markes lässt sich nur auf diese Weise gewinnen; denn sie erzeugt eine ungemein starke Erregung, welche die Gefässmuskeln sicherlich ermüdet und weniger reizbar zurücklässt. Anderseits bedingt es die vollkommene Zerstörung der Nervenwurzeln, dass jeglicher von den Rückenmarkscentren ausgehender Reiz, der bekanntlich oft noch Minuten hindurch andauert, zum Erlöschen gebracht wird.

Nach der Zerstörung des Rückenmarkes solcher Hunde, deren beide Vagi vorgängig am Halse durchschnitten waren, tritt der Tod entweder sehr rasch oder auch später ein. Von der grösseren Zahl meiner Versuche gebe ich je ein bez. einige Beispiele:

I. Rascher Tod.

1. Am unversehrten Hund wurde der arterielle Druck = 174 ^{mm} Hg gefunden.

Nach Zerschneidung des Halsmarkes und der Nn. vagi sank im Verlaufe von 67 Minuten der Druck auf 108 ^{mm} Hg.

Darauf wurde die Zerstörung des Rückenmarkes stückweise unternommen.

---

[1] Anfangs habe ich statt des erwähnten ein anderes Verfahren angewendet. Da mich die nach dem Tode stets vorgenommene Section belehrte, dass die Zerstörung des Markes häufig fehl schlägt, wenn man sie von dem zweiten Halswirbel aus zu unternehmen sucht, legte ich mit Hülfe des Trepans ausser der Oeffnung an der Halswirbelsäule auch noch zwei andere, eine an der Brust und eine an den Kreuzbeinwirbeln an, und bohrte einen Fischbeinstab durch den Wirbelcanal, der an seinem vordringenden Ende mit einem korkzieherartigen Ansatz von Stahl ausgerüstet war. Bei diesem Verfahren treten jedoch häufig Blutungen ein, die unter allen Umständen vermieden werden müssten, und auch jetzt zeigte die Section noch immer unverletzte Theile des Markes. — Beides, die Vermeidung von Blutungen und die volle Zerstörung des Markes wird erreicht, wenn man vom zweiten Halswirbel und von dem Kreuzbein aus der Art vorgeht, dass das abgerundete knopfförmige Ende des Fischbeinstabes in den Sack der Dura mater eingeführt und dann vorsichtig weiter vorgeschoben wird.

a) Der Fischbeinstab wird in dem Sack der Dura um 8 cm vorgeschoben. Nach einer Minute ist der Druck auf 272 mm Hg gewachsen; in den folgenden 27 Minuten sinkt er auf 114 mm Hg.

b) Die Zerstörung des Markes schreitet um 14 cm vorwärts; nach einer Minute steigt der Druck auf 178 mm Hg; in den folgenden 10 Min. sinkt der Druck auf 102 mm Hg.

c) Der Stab wird um weitere 13 cm bis zum unteren Ende des Markes fortgeschoben. In 30 Secunden erhöht sich der Druck auf 130 mm Hg und ist nach 6 Minuten auf 58 mm Hg gesunken.

d) Rotirende Bewegungen des Stabes heben den Druck alsbald auf 103 mm Hg. Unter Fortsetzung der Drehungen des Stabes sinkt der Druck in 2 Minuten auf 80 mm Hg und von da in 5 Minuten auf 28 mm Hg. — Gleichzeitig erfolgt der Tod.

II. Lehrreicher sind die Beobachtungen, welche beweisen, dass das Leben die Zerstörung des Rückenmarkes längere Zeit zu überdauern vermag.

1. Vor irgend welcher Verletzung des Hundes betrug der arterielle Druck 188 mm Hg. Nach Zerschneidung der Nn. vagi und des Halsmarkes sank im Verlaufe von 96 Minuten der arterielle Druck auf 90 mm Hg.

a) Nach Einführung des Stabes von der Halswunde aus, und zwar in einer Länge von 9 cm, steigt der arterielle Druck über 280 mm Hg. — Nach Verfluss von 23 Minuten ist derselbe auf 104 mm Hg gefallen.

b) Weiteres Vorstossen des Stabes um 45 cm steigert den Druck auf 280 mm Hg; nach 33 Minuten ist er auf 84 mm Hg gefallen.

c) Von der unteren Oeffnung des Wirbelcanales aus wird ein Stab in das Lendenmark eingeführt; der Druck steigt vorübergehend auf 98 mm Hg.

d) Nach Entfernung des unteren Stabes wird der obere durch die untere Oeffnung des Wirbelscanales herausgeführt. Der Druck steigt vorübergehend auf 180 mm Hg, fällt aber rasch auf 80 mm Hg, von da sinkt er in 20 Minuten auf 64 mm Hg allmählich herab.

Um 82 Minuten später, also 104 Minuten nach der vollständigen Zerstörung des Rückenmarkes, beträgt der arterielle Druck noch 52 mm Hg. — Der Hund wird durch Aussetzen der künstlichen Athmung getödtet.

2. Vor Durchschneidung des Halsmarkes stand der arterielle Druck auf 148 mm Hg.

Nach der Abtrennung des Halsmarkes sank während 49 Minuten der Druck in der A. carotis bis zu 76 mm Hg, auf der letzteren Höhe hatte er sich 16 Minuten hindurch erhalten.

a) Nach der Einführung eines 6 cm langen Stückes des Stabes von der unteren Wunde aus, wuchs der arterielle Druck auf 120 mm Hg.

b) Alsbald wird der Stab von der Halsöffnung des Wirbelcanales aus bis zur unteren Wunde durchgestossen, wobei der Druck auf 280 mm Hg anwuchs. — Von nun an nimmt der Druck rasch ab; Bewegungen des Stabes im Wirbelcanale sind erfolgslos.

c) Der Stab wird aus dem Wirbelcanale gezogen. Der arterielle Druck sinkt langsam weiter. 48 Minuten nach der Hinwegnahme des Stabes erfolgt der Tod bei einem arteriellen Druck von 14 mm Hg.

3. Unverletzt zeigte das Thier einen arteriellen Blutdruck von 166 mm Hg. Nach der Durchschneidung des Halsmarkes sank in 4 Stunden und 37 Minuten, also langsam, der Druck auf 46 mm Hg.

a) Als das Rückenmark von oben her um 9 cm zerstört wurde, stieg der arterielle Druck in 2 Minuten auf 134 mm Hg und sank von da im Verlaufe von 7 Minuten auf 70 mm Hg.

b) Die Zerstörung schreitet um 11 cm weiter, der arterielle Druck steigt rasch auf 140 mm Hg, sinkt im Verlaufe von 4·5 Minute wieder auf 46 mm Hg.

c) Während der Zerstörung des noch verbleibenden Rückenmarkrestes steigt der arterielle Druck auf 86 mm Hg und sinkt nun ab; 87 Minuten später stand der arterielle Druck auf 30 mm Hg. — Der Tod wird durch Erstickung herbeigeführt. — Im Rectum gemessen, betrug die Temperatur 29·5° C.

Rechenschaft, warum die Zerstörung des Rückenmarkes von verschiedenem Erfolge begleitet ist, wird man von den vorstehenden Versuchen nicht fordern. Wenn bei einzelnen Thieren der Druck in den Arterien schon nach wenigen Minuten bis zum Versiegen des Stromes abgefallen war, so konnte dieses von einer schon vorher bestandenen Schwäche der peripheren Werkzeuge, wohl aber auch durch die mit Zerstörung des Rückenmarkes verbundene Reizung bedingt sein. Der gewaltthätige Eingriff auf das Rückenmark, beschränkt seine Wirkungen nicht allein auf die Nerven, welche zur Verengung der Gefässlichtung führen. Mit ihnen zugleich werden die sogenannten Gefässerweiterer erregt, vielleicht in einem Grade und in einer Ausdehnnng, welche es dem vorhandenen Blute unmöglich macht, die zur Erhaltung des Stromes nöthige Spannung zu erzeugen.

Als ein unbestreitbares Ergebniss, geht dagegen aus meinen Versuchen hervor, dass der Blutstrom des Hundes weiter bestehen kann, auch ohne die Anregungen, welche seine irritabeln Werkzeuge von den Nervencentren empfangen. Da er noch anderthalb Stunden nach der Absperrung seiner Muskeln vom Hirn und Rückenmark im Gange befunden wurde, so wird man, ohne in die grössten Willkürlichkeiten zu verfallen, den von den Nervencentren unabhängigen Einrichtungen der Stromwege die Befähigung nicht absprechen können, von sich aus die nöthigen Spannungsunterschiede herzustellen. — Allerdings die Kräfte, über welche der Blutstrom verfügt, sind schwach, verglichen mit den vordem vorhandenen, möglicher Weise aber noch immer genügend, um das Leben auf einer geringeren Stufe von Entfaltung so lange zu erhalten, bis sich der Tonus in den Gefässverzweigungen wiederum gehoben hätte, was wie wir wissen, an den Arterien einzelner Gliedmaassen geschieht, wenn sämmtliche zu ihnen hintretende Nerven durchschnitten waren.

Wenigstens scheint mir die eben angestellte Betrachtung keineswegs durch die Thatsache widerlegt zu sein, dass der Tod nach der Zerstörung des Rückenmarkes bald zu folgen pflegt. Neben der Schwächung des Stromes drückt sich der Verlust des Rückenmarkes noch in so vielfach anderen Vorgängen, z. B. in der thierischen Wärme aus, dass auch aus ihrem Ausfalle der Eintritt des Todes erklärlich wird.

Eine Antwort auf die Frage, wie sich das Rückenmark an der Erhaltung des Gefässtonus im Verhältnisse zu den peripheren Einrichtungen betheiligt, ist aus den vorliegenden Thatsachen nicht zu finden. Nach der Trennung seines Zusammenhanges mit dem Hirne leistet das Rückenmark sehr oft noch eine längere Zeit hindurch einen beträchtlichen Beitrag zu den Erregungsmitteln der Gefässmuskeln, was sich aus dem plötzlichen Absinken des arteriellen Druckes ergiebt, wenn rasch nach dem Schnitte innerhalb des oberen Halswirbels die Zerstörung des gesammten Markes ausgeführt wird. Geschieht dagegen der letztere Eingriff zu einer Zeit, in welcher der arterielle Druck schon beträchtlich herabgekommen ist, so sind die Folgen desselben häufig nur wenig augenfällig, so dass seine Betheiligung an der Erhaltung des Tonus zweifelhaft bleibt. — Wie dem auch sei, keinenfalls sind unter den Einrichtungen, welche die Spannung des Gefässbaumes besorgen, diejenigen zu vernachlässigen, welche ihren Sitz ausserhalb der nervösen Centren aufgeschlagen haben.

Reizungsversuche am unbelasteten Muskel.

Von

Max von Frey.

(Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.)

Aus dem Verhalten des möglichst hoch unterstützten Muskels habe ich den Schluss gezogen, dass für den unbelastet sich contrahirenden Muskel Zuckungshöhe und Tetanushöhe gleich, die sogenannte Summirung der Zuckungen also aufgehoben ist.[1] Es schien mir wünschenswerth, diesen Satz unmittelbar zu beweisen, obgleich sich nicht verhehlen liess, dass der Versuchsbedingung nur unvollkommen Genüge geleistet werden konnte. Die Anwendung der graphischen Methode bringt es mit sich, dass der aufgehängte Muskel unter Spannungen arbeitet, welche nothwendig grösser sein müssen als diejenigen, welche ihm durch sein Eigengewicht allein ertheilt werden. Aufgabe der Versuchsanordnung kann es nur sein, die Spannung, welche von dem registrirenden Apparate herrührt, unter den Werth der Eigenspannung des Muskels herabzudrücken, soweit dies ohne Schaden für die Aufschreibung geschehen darf.

Zu den folgenden Versuchen diente ein sehr leichter Schilfhebel, der auf eine gut gearbeitete Stahlaxe von geringer Masse aufgesteckt werden konnte. Die Einrichtung beschwerte den Muskel mit 0·22 ^{grm} und genügte zur Herstellung guter Curven, wenn die Reibung auf der Schreibfläche möglichst vermindert wurde. Um die Rückkehr des Hebels in die Ausgangslage für alle Fälle sicher zu stellen, wurde meistens noch ein Faden um die Axe geschlungen und ein kleines Gewicht angehängt. Die Belastung des Muskels stieg dadurch auf 0·5 ^{grm} ohne dass die Erscheinung, auf welche es ankam, beeinträchtigt wurde. Diese Anordnung ist gemeint, wenn weiterhin von dem „unbelasteten Muskel“ die Rede sein wird, ein

[1] *Festschrift zu C. Ludwig's 70. Geburtstag.* Leipzig 1887. S. 61.

Ausdruck, welcher seiner Bequemlichkeit halber und im Gegensatz zu vielfach grösseren Belastungen gestattet sein möge. Die Versuche wurden am Gastrocnemius und Triceps des Frosches angestellt; alle Muskeln waren curarisirt. Als Reize dienten Oeffnungsinductionsschläge von eben maximaler Stärke. Uebermaximale Reize wurden vermieden. Innerhalb eines Versuches wurden alle Reize möglichst gleich gehalten und nur ihr zeitlicher Abstand verändert.

Verfährt man auf die angegebene Weise, so findet sich, dass eine Aenderung der Belastung sehr grossen Einfluss auf das Verhalten des Muskels ausübt. Fig. 1 zeigt Zuckungsgruppen eines Gastrocnemius, dessen

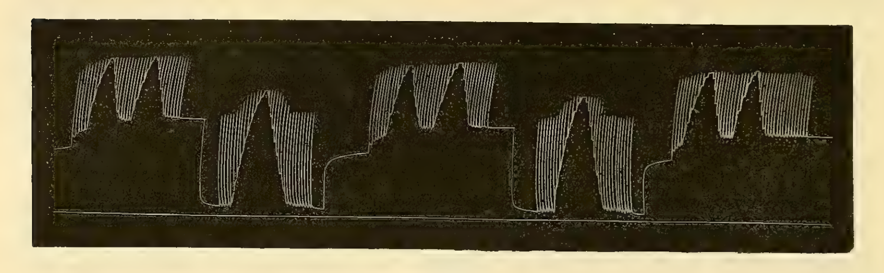


Fig. 1.

Curarisirter Gastrocnemius. Einfluss der Unterstützung auf die Zuckungshöhe bei geringer ($0 \cdot 5^{grm}$) und hoher Belastung ($10 \cdot 5^{grm}$).

Belastung abwechselnd $0 \cdot 5$ und $10 \cdot 5^{grm}$ beträgt. In jeder Gruppe von Zuckungen wechselt ausserdem die freie Belastung mit Unterstützungen von verschiedener Höhe. Der grösseren Last entspricht natürlich eine grössere Länge des Muskels. Dass gleichzeitig die Hubhöhen wachsen, kann nicht als neu gelten, wenn es auch meines Wissens am Froschmuskel für Einzelzuckungen bisher noch nicht beschrieben worden ist. Fick[1] fand dieselbe Erscheinung an dem zuckenden Muschelmuskel, Heidenhain[2] und Fick[3] fanden sie am tetanisirten Froschmuskel. Ich habe sie unter 20 Muskeln, die mit gleichen Lasten wie der obige zuckten, nur einmal vermisst. Die Erscheinung gehört somit zu den ganz gewöhnlichen und wenn sie bisher nicht für eine solche gegolten hat, so dürfte der Grund nur darin zu suchen sein, dass bei den einschlägigen Versuchen die Belastungswechsel nicht innerhalb derjenigen Grenzen vorgenommen wurden, auf welche es hier

[1] *Beiträge zur vergl. Physiologie der irritablen Substanzen.* Braunschweig 1863. S. 52.

[2] *Mechanische Leistung, Wärmeentwickelung* u. s. w. Leipzig 1864. S. 113.

[3] *Untersuchungen über Muskelarbeit.* Basel 1867. S. 14. Fick bemerkt hierbei, dass schon in Ed. Weber's Versuchen Andeutungen dieses Verhaltens sich finden.

ankommt. Der Einwand, dass es sich um eine Wurfbewegung handle, ist nicht stichhaltig. Die Vertheilung der Massen um die Drehungsachse war eine derartige, dass die Muskelcurven als isotonische mit grosser Annäherung zu betrachten sind, und dafür spricht auch der glatte von secundären Wellen freie Verlauf der Curven, der sich bei rasch gehender Trommel leicht constatiren liess. Man wird die Erscheinung vielmehr mit jenen Aenderungen der mechanischen Muskelleistung auf eine Stufe zu stellen haben, welche Fick[1] unter wechselnden äusseren Bedingungen des Zuckungsablaufes beobachtet hat.

Für die gegenwärtigen Betrachtungen möchte ich aber auf ein anderes Ergebniss des obigen Versuches aufmerksam machen. Unter dem Muskelhebel war eine Stellschraube angebracht, welche gestattete, den Hebel auf eine beliebige Höhe einzustellen. Die Belastung wird folglich erst dann mit ihrem vollen Werthe auf den Muskel wirken, wenn er anfängt, den Hebel von der Unterstützung abzuheben. Die Unterschiede im Verhalten des Muskels sind augenfällig. Bei einer Spannung von 10·5 ^{grm} erheben sich die Zuckungsgipfel in Folge der Unterstützung; bei einer Spannung von 0·5 ^{grm} hat dagegen die Unterstützung kaum noch einen Einfluss auf die Lage des Zuckungsgipfels. Dies lässt sich verstehen, wenn man bedenkt,

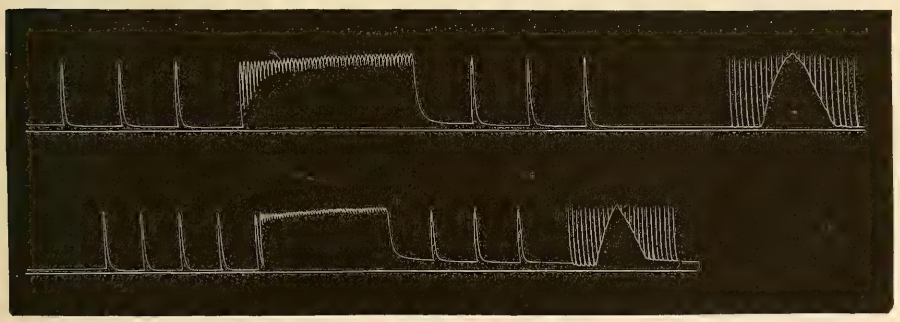


Fig. 2.

Curarisirter Gastrocnemius. Zuckungen und Tetani bei 0·5 ^{grm} Belastung. Zwei Zuckungsgruppen mit Unterstützung.

dass bei der geringen Spannung die äusseren Bedingungen des Zuckungsablaufes durch die Unterstützung nicht wesentlich verändert werden können. Besonderes Interesse gewinnt jedoch die Erscheinung, wenn man nun Zuckungen und Tetani abwechseln lässt. Wählt man die kleine Belastung (Fig. 2), so ist der Unterschied zwischen Tetanushöhe und Zuckungshöhe verschwunden; wählt man die grosse Belastung (Fig. 3), so erhebt sich die

[1] *Untersuchungen über Muskelarbeit.* 1867; — *Mechanische Arbeit und Wärmeentwickelung bei der Muskelthätigkeit.* Leipzig 1882.

tetanische Curve mehr oder weniger hoch über die Zuckungsgipfel. Lässt man auf den Tetanus eine Zuckungsreihe mit Unterstützung folgen, so wird der völlige Parallelismus beider Vorgänge noch überzeugender, besonders wenn man berücksichtigt, dass die Gipfel der unterstützten Zuckungen dieselbe Höhe erreichen, wie die Tetani, wofür ich genauere Beweise schon früher erbracht habe.

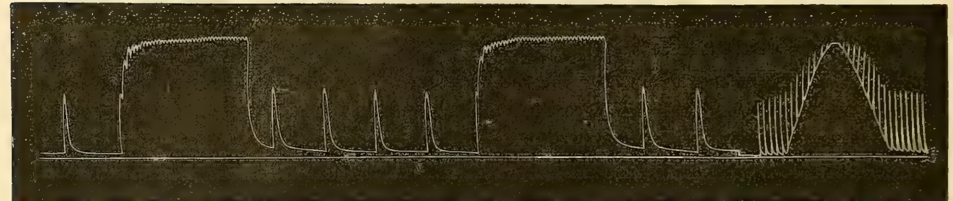


Fig. 3.
Derselbe Muskel wie in Fig. 2 bei 10·5 ^{grm} Belastung.

Man wird also sagen müssen, dass die sogenannte Summirung der Zuckungen im Tetanus und die Erhebung der Zuckungsgipfel durch die Unterstützung im Wesentlichen ein und dieselbe Erscheinung sind, oder besser, dass die Unterschiede, welche zwischen der summirten und der unterstützten Zuckung zweifellos bestehen, für die Grösse der in beiden Fällen erreichbaren Verkürzung nicht von Belang sein können.

In die unterstützte Zuckung tritt der Muskel mit einer Spannung ein, welche geringer ist als bei freier Belastung; er muss erst ein Stadium continuirlich wachsender Spannung durchlaufen, bevor er im Stande ist, den Schreibhebel in Bewegung zu setzen. Dieses Stadium bleibt ihm bei der Summirung erspart, wenn man den registrirenden Apparat so einrichtet, dass der Muskel isotonische Curven schreiben kann. Seine Spannung ist dann von vornherein gleich der des freihängenden Gewichtes und obwohl er auf eine höhere Abscisse eingestellt ist, kann er doch die Verkürzung ohne Verzug beginnen. Mit dieser Ueberlegung stimmt sehr gut eine Erfahrung überein, welche v. Kries jüngst gemacht hat.[1] Er zeigt, „dass in der summirten Zuckung der zweite Reiz jedesmal ein Stadium der steigenden Energie hervorruft, welches im Vergleich zu demjenigen der Einzelzuckung verkürzt ist.“ Bei dem unvollkommenen Tetanus kann diese Zeit auf ein Drittel bis ein Viertel des ursprünglichen Werthes herabsinken. Es scheint mir bemerkenswerth, dass aus einer Reihe von unterstützten Zuckungen, die derselbe Verfasser bereits früher veröffentlicht hat,[2] sich eine

---

[1] *Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i. Br.* 1886. II. Bd.

[2] Untersuchungen zur Mechanik des quergestreiften Muskels. *Dies Archiv.* 1880. S. 348.

ähnliche Verschiebung der zeitlichen Verhältnisse ablesen lässt. Die Zuckungsgipfel rücken mit steigender Unterstützung immer näher an den Zuckungsanfang heran, so dass das Stadium der steigenden Energie im Verhältniss von 11·5:9·3 abnimmt. Noch grösser wird das Verhältniss, wenn man nur jenen Abschnitt der unterstützten Zuckung ins Auge fasst, welcher sich über die Abscisse erhebt, also isotonisch verläuft. Die Dauer des aufsteigenden Astes beträgt hier weniger als ein Drittel des entsprechenden Stückes der Einzelzuckung bei freier Belastung. Man kann zu der Regel, dass der Muskel um so höhere Zuckungsgipfel erreicht, je weniger Arbeit er während der Zuckung leistet, den Zusatz machen, dass die Verkürzung gleichzeitig um so rascher verläuft.

Noch auf einen zweiten Unterschied zwischen der summirten und der unterstützten Zuckung muss hier aufmerksam gemacht werden. Bei letzterer tritt der Muskel als ein ruhender in den Vorgang ein, bei der summirten Zuckung ist er bereits in Thätigkeit, so dass sich in ihm zwei Bewegungsantriebe ins Gleichgewicht zu setzen haben. In welcher Weise dies geschieht, lässt sich vorläufig nicht angeben; doch dürften Versuche über die Wirkung von Doppelreizen auf den unbelasteten Muskel, namentlich unter Berücksichtigung der zeitlichen Verhältnisse, vielleicht einige Aufschlüsse versprechen. Aus den mitgetheilten Versuchen lässt sich nur schliessen, dass der Gipfel der zweiten Zuckung, so nahe sie der ersten auch kommen mag, keine wesentlich abweichende Höhe erreichen kann. Es lässt sich ferner aussagen, dass die Gipfelhöhe der zweiten Zuckung von drei Ursachen bestimmt werden wird: von der Anzahl der vorausgegangenen Reize, von dem Verhältniss des neuen Reizintervalls zu dem bisherigen und von der Contractur.

I. Die Abhängigkeit von der Anzahl der vorausgegangenen Reize ist eine doppelte. Eine mässige Anzahl von Reizen erhöht die Leistungsfähigkeit des ausgeruhten Muskels. Die Treppe bleibt also, wie sich leicht zeigen lässt, am unbelasteten Muskel bestehen, wenn auch ihre Entwickelung nicht so in die Augen springt, wie am belasteten Muskel.

Ist eine bestimmte, vorläufig nicht allgemein angebbare Zahl von Reizen erfolgt, so tritt eine Umkehrung des Verhaltens ein: die nachfolgende Zuckung büsst an Höhe ein. Diese Erscheinung ist unter dem Namen Ermüdung bekannt.

II. Der Einfluss, den die Veränderung des Reizintervalles auf die Höhe der summirten Zuckung ausübt, lässt sich aus Fig. 4 ersehen. Dieselbe ist von einem frischen, curarisirten Triceps bei einer Belastung von 0·5 ^{grm} geschrieben. Es wechseln Einzelzuckungen mit unvollkommenen Tetanis ab, weil der zeitliche Abstand der nicht ganz maximalen Oeffnungs-

schläge im Verhältniss von 16:1 variirt wird. Man bemerkt, dass das kleinere Intervall die Zuckungsgipfel auf ein tieferes Niveau herabdrückt, von welchem sie sich sofort wieder erheben, sobald das lange Intervall einsetzt.

An der Zuckungsreihe des ermüdeten Muskels hat bereits Kronecker[1] dieselbe Erfahrung gemacht. Die Erscheinung ist offenbar identisch mit den sogenannten Einleitungs- oder Erholungszuckungen, welche sich an unvollkommenen Tetanis oder im Beginn einer Zuckungsreihe so leicht zur Anschauung bringen lassen.

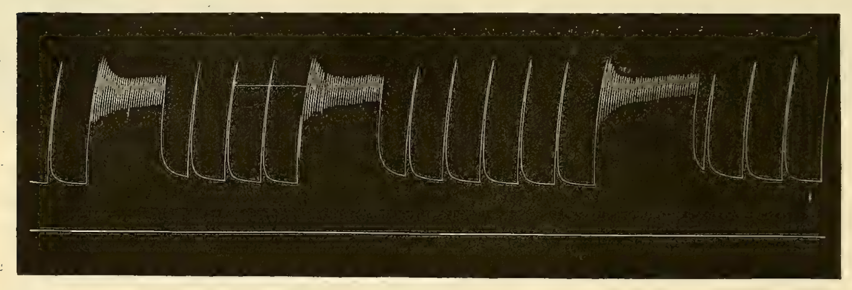


Fig. 4.

Curarisirter Triceps. Belastung 0·5^{grm}. Das Reizintervall wechselt im Verhältniss von 16:1.

III. Endlich ist die Höhe der summirten Zuckung abhängig von der Contractur. Gegenwärtig werden die Ausdrücke Verkürzungsrückstand und Contractur häufig als gleichwerthige gebraucht. Man schliesst auf das Vorhandensein eines solchen Zustandes, wenn der Muskel eine gewisse Zeit nach einer Zuckung seine Ausgangslage nicht wieder erreicht hat. Dieser Fall tritt wie bekannt, regelmässig bei der Ermüdung ein; es kommt zu einer Verlängerung der Zuckungsdauer, welche wie Hermann[2] mit Recht bemerkt, in der idiomusculären Contraction den stärksten Ausdruck findet. Der ermüdete Muskel kann durch Reizfolgen, welche am frischen nur Zuckungsreihen auslösen, in Tetanus versetzt werden; die Ermüdung wirkt also wie eine Verkleinerung des Reizintervalles. Solche Tetani führen am unbelasteten Muskel zu keiner Summirung und bei allen stärkeren Ermüdungsgraden auch am belasteten nicht, wie ich dies an anderer Stelle durch Beispiele belegt habe.[3] Der beschriebene Vorgang, welcher mit dem Namen Verkürzungsrückstand sehr passend bezeichnet wird, ist, wie Kronecker und Hall[4] betonen, von einem

---

[1] *Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig.* 1871. S. 214 u. Fig. 10.
[2] Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1876. Bd. XIII. S. 370.
[3] *Festschrift zu C. Ludwig's 70. Geburtstag.* 1887. S. 65.
[4] *Dies. Archiv.* 1879. Suppl. S. 43.

zweiten, anscheinend verwandten, völlig zu trennen, für welch letzteren Tiegel[1] den Ausdruck Contractur eingeführt hat. Die Unterschiede ergeben sich ohne weiteres, wenn die wichtigsten Eigenthümlichkeiten der Contractur aufgezählt werden.

1. Die Contractur äussert sich bei der Einzelzuckung nicht in einer Streckung sämmtlicher Theile der Muskelcurve, wie es bei der Ermüdung der Fall ist. Das Stadium der steigenden Energie verläuft in normaler Weise und die Abweichung beginnt erst im Stadium der Erschlaffung entweder in Gestalt einer Verzögerung der Ausdehnung des Muskels, sehr häufig aber auch in Gestalt einer oder mehrerer neuen Erhebungen, welche sich als tetanische oder tonische Verkürzung an die Zuckung anschliessen. Tiegel theilt eine solche Curve in Fig. 2 seiner Tafel mit. Funke[2] beschreibt die Erscheinung als „Nase", und es scheint, dass Biedermann[3] am veratrinisirten Muskel genau dieselben Formen findet.

2. Die Contractur findet am frischen Muskel ihre stärkste Entwickelung. Der ermüdete zeigt sie, wenn überhaupt, nur in sehr geringem Grade.

3. Die Contractur tritt weder zu allen Jahreszeiten noch bei jeder Reizungsmethode gleich stark auf. Den Unterschied zwischen directer und indirecter Reizung hat bereits Tiegel hervorgehoben. Auch kann ich seine Angabe, dass sie bei den Froschmuskeln gegen Ende des Winters besonders stark auftritt, durchaus bestätigen. Im Januar und Februar wird man sie bei directen Muskelreizungen, gleichgültig ob maximal oder submaximal, kaum jemals vermissen.

4. Hat der Muskel in Folge der Contractur sich tonisch verkürzt, so ist seine Fähigkeit, auf eine Wiederholung des Reizes mit einer Zuckung zu antworten, durchaus nicht verloren gegangen. Fig. 5 zeigt die Zuckungsreihen eines Muskels, welcher durch einen dazwischen geschobenen Tetanus zu einer sehr starken Contractur gebracht wurde. Der Muskel stellt sich hinterher für dieselbe Spannung auf eine neue Gleichgewichtslage ein, von welcher aus er seine Zuckungen, von fast gleicher Höhe wie die ursprünglichen, wieder fortsetzt. Der Muskel verhält sich jetzt so, als ob man ein Stück von ihm abgeschnitten hätte.

Für den minimal belasteten Muskel lässt sich daher der Unterschied zwischen Contractur und Ermüdung sehr scharf kennzeichnen: Beide führen, wenn auch in verschiedener Weise, zu einer Verzögerung der Erschlaffung

---

[1] Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1876. Bd. XIII. S. 71.

[2] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. VIII. S. 236.

[3] *Wiener Sitzungsberichte*. Bd. XCII. III. Abth. S. 148 und Taf. I, Fig. 8.

des Muskels und begünstigen schon bei seltenen Reizfolgen eine Verschmelzung der Zuckungen zu unvollkommenen Tetanis. Dabei tritt am ermüdeten Muskel eine Erhöhung der Zuckungsgipfel nicht ein, während sie bei der Contractur mit der Ausgangshöhe emporrücken.

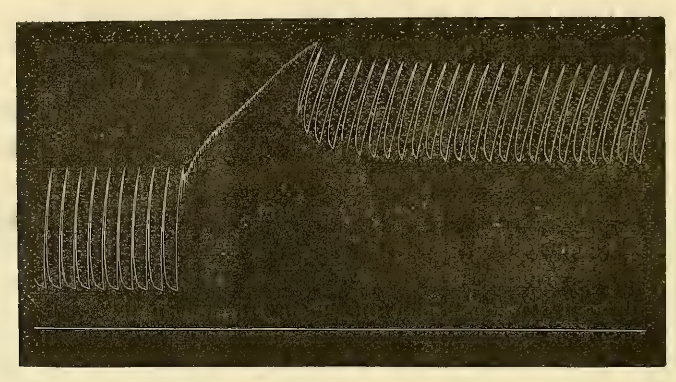


Fig. 5.

Curarisirter Gastrocnemius. Belastung 0·33 ^{grm}. Tetanus mit Contractur.

Die durch Contractur hervorgebrachte Schrumpfung des Muskels ist indessen immer von beschränkter Dauer; die Zeit, welche er braucht, um in seine alte Gleichgewichtslage zurückzukehren, ist der Grösse der entwickelten Contractur einigermaassen proportional. Ist sie nur in geringem Grade ausgebildet, so kann der Muskel ziemlich bald nach dem Tetanus seine ursprüngliche Länge wieder erreichen und die Zuckungen scheinen sodann auch am unbelasteten niedriger zu sein, als der Tetanus.

Es folgt daraus die Nothwendigkeit, den Begriff: „Summirung der Zuckungen" schärfer zu fassen. Die Curve, welche der Muskel in Folge zweier maximaler Reize zeichnet, kann sich über die einfache Zuckung erheben durch Wirkung der Treppe, der Contractur und der Selbstunterstützung. Letztere, nur dem belasteten Muskel eigenthümlich, ist im Allgemeinen um so wirksamer, je höher in der einfachen Zuckungscurve der Punkt liegt, in welchem der Muskel von dem zweiten Reize getroffen wird. Hier gilt die Helmholtz'sche Regel und es dürfte sich daher empfehlen, den Ausdruck „Summirung der Zuckungen" nur für diesen Vorgang zu gebrauchen.

Die Entwickelung der Contractur hängt dagegen ausser von den schon oben genannten Umständen hauptsächlich davon ab, wie rasch der zweite Reiz dem ersten folgt, so dass die Curve der Doppelreizung sich um so höher über die einfache erheben wird, je kleiner das Reizintervall ist. Um dieser Complication zu entgehen, habe ich bei den obigen Vergleichen zwischen Zuckungshöhe und Tetanushöhe am unbelasteten Muskel möglichst

grosse Reizintervalle gewählt, welche eben genügten, sogen. unvollkommene Tetani zu erzielen — wenigstens so lange der Muskel frisch war. Am ermüdeten Muskel kann man das Reizintervall im Verhältniss zur Zuckungsdauer viel kleiner machen, ohne dass man störende Contracturen zu fürchten hat.

Die Erhöhung, welche der Gipfel der Doppelzuckung durch die Treppe erfährt, ist nur eine scheinbare; er wird zwar höher sein, als die unmittelbar vorausgegangene, aber niedriger, als die unmittelbar nachfolgende einfache Zuckung.

Die Bestimmung des Antheils, welchen jede der genannten Variablen an der Höhe der Doppelzuckung besitzt, wird nur durch weitere Versuche gelingen können.

Ueber die elektrischen Erscheinungen, welche die Muskelzuckung begleiten.

Von

Dr. Frederic S. Lee,
Instructor in St. Lawrence University, Canton, New York.

(Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.)

Es ist wohlbekannt, dass man die Actionsströme eines tetanisirten Muskels durch das Telephon hörbar machen kann. Reizt man die beiden Ischiadici eines Froschpraeparates mit etwa 100 Stromstössen in der Secunde und leitet von den Muskelmassen der Beine zum Telephon ab, so hört man ein zwar schwaches, doch deutlich wahrnehmbares Summen. Auffallender Weise ist dieses Geräusch nur in den ersten Secunden der Reizung zu vernehmen. Während der Krampf der Muskeln unverändert fortbesteht, wird das Summen rasch schwächer und verschwindet in kurzer Zeit vollständig. Lässt man die Muskeln nun ausruhen, so gelingt es zuweilen für einen kurzen Augenblick, unmittelbar nach dem Einsetzen einer neuen Reizung die Wahrnehmung zu wiederholen. In den meisten Fällen ist aber das Geräusch für immer verschwunden, obgleich der Tetanus nichts an Kraft eingebüsst hat.

Eine ganz übereinstimmende Erfahrung hat Martius[1] am Capillar-Elektrometer gemacht und lässt man den stromprüfenden Froschschenkel als gleichwerthiges Reagens gelten, so sind die Versuche von Morat und Toussaint,[2] sowie von Schönlein[3] zu nennen, bei welchen es häufig misslang, von künstlich tetanisirten und ermüdeten Muskeln secundären Tetanus zu erhalten.

---

[1] *Dies Archiv.* 1883. S. 592.

[2] *Archives de Physiologie.* 1877. p. 156.

[3] *Dies Archiv.* 1882. S. 347.

Die Erklärung dieser Erscheinungen sucht man in der raschen Verminderung der elektrischen Spannungen, von welchen im Uebrigen vorausgesetzt wird, dass ihr zeitlicher Verlauf und ihr Verhältniss zu den Contractionen bekannt und unveränderlich gegeben sei. Warum der Muskel für seine elektrischen Leistungen so viel schneller ermüdet als für die mechanischen, bleibt dabei unerörtert. Das Unbefriedigende dieser Erklärung mag Morat und Toussaint bewogen haben, anzunehmen, dass die elektrische Welle im ermüdeten Muskel nicht nur die Amplitude, sondern auch die Form ändere, doch konnten sie für die Ansicht zwingende Beweise nicht vorbringen.

Es erschien angezeigt, die Zulässigkeit dieser Voraussetzungen einer Prüfung zu unterwerfen und ich bin der Aufforderung des Hrn. Dr. v. Frey um so lieber gefolgt, als mir bekannt war, welche Bedeutung dem Muskelton, sei er mechanischer oder elektrischer Herkunft, zuerkannt wird für die Kenntniss der Uebertragung des Reizes vom Nerv auf die Muskelfaser. Wenn Martius den Satz ausspricht, „dass wir die Hoffnung, mit Hülfe des physiologischen Rheoskops die willkürliche Bewegung zu analysiren, mit gutem Gewissen aufgeben können“, weil secundärer Tetanus nur ausnahmsweise zu erhalten ist, so muss dieselbe Resignation auch gegenüber der Erscheinung des Muskeltones geübt werden, so lange es unerklärt bleibt, warum selbst bei künstlicher Reizung von unveränderlicher Häufigkeit der Ton vorhanden sein oder auch fehlen kann.

Methode. Dem Nerven eines Froschmuskels wurden in gleichen Zeit-Abständen, etwa alle Secunden, einzelne maximale Oeffnungsschläge zugeführt. Der Muskel war verbunden mit einem Schreibhebel und ferner mit einem Paar ableitender Elektroden, welche den Muskel nicht hinderten, seine Bewegungen auf der Trommel zu verzeichnen, aber auch ihrerseits hierbei nicht verschoben werden konnten. Der Kreis der Elektroden wurde geschlossen durch eine veränderliche Länge des Compensatordrahtes und durch einen Schlüssel, welcher eine Nebenleitung zum Capillar-Elektrometer[1] darstellte. Wurde der Ruhestrom des Muskels compensirt und dann der Schlüssel geöffnet, so kam der Meniscus in der Capillare in Bewegung, so oft eine Erregungswelle an den Elektroden vorbei lief. Die Beobachtung der ganzen Welle ist aber zu verwirrend und es wurde daher vorgezogen,

[1] Das Capillarelektrometer, dessen ich mich bediente, war nach den Angaben des Hrn. Dr. v. Frey construirt. Es lässt sich an jedes Mikroskop, welches ein umlegbares Stativ besitzt, anbringen. Die Capillare ist nach den drei Richtungen des Raumes einstellbar befestigt. Ein kleines Druckgefäss, welches den Stand des Quecksilbers in der Capillare zu beherrschen gestattet und zur compensirenden Druckmessung dienen kann, besitzt eine grobe und eine feine Einstellung. Das Instrument wird von dem hiesigen Mechaniker W. Petzold, Albertstrasse 11, zum Preise von 75 Mark angefertigt.

mittels des Rheotoms Stücke aus derselben heraus zu schneiden. Natürlich wurde auch die periodische Reizung des Nerven dem Rheotom übertragen, dessen Radfelge zu dem Ende mit drei isolirten Daumen versehen war, welche drei ebenfalls isolirte und gegen einander verschiebliche Contacte bei jeder Umdrehung für kurze Zeit aufschlugen.

Contact I, welcher eine Nebenleitung zur secundären Spirale des Inductionsapparates darstellte, wurde zuerst geöffnet; unmittelbar darauf Contact II, welcher dem Kreise der primären Spirale angehörte. Dadurch wurde der gewünschte Oeffnungsschlag erzielt. Nun fiel I wieder zu und blendete den Schliessungsschlag ab, der auf Schliessung von II eintrat. Waren diese beiden Contacte einmal richtig gesetzt, so blieb im Verlauf der Versuche nur noch Contact III — eine Nebenleitung zum Capillar-Elektrometer — verstellbar. Seine Oeffnung fiel eine beliebige Zeit nach dem Reiz und die zu dieser Zeit zwischen den ableitenden Elektroden herrschende Potential-Differenz wurde im Capillar-Electrometer sichtbar in Gestalt einer kurzen, einsinnigen (selten doppelsinnigen) Schwankung. Da der Meniscus eine merkliche Zeit zu seiner Einstellung braucht, so wird bei sehr kurzen Oeffnungen die beobachtete Schwankung nicht den vollen Werth der Potential-Differenz angeben. Benützt man jedoch eine Capillare, welche sich gleichmässig verjüngt, und arbeitet man mit stets gleichen Oeffnungszeiten, so sind, wie ich mich durch besondere Versuche überzeugt habe, die Ausschläge merklich proportional den Potentialwerthen, insbesondere, wenn nur kleine Ausschläge zur Beobachtung kommen, wie es stets der Fall war. Die Empfindlichkeit des Instrumentes ist so gross, dass Versuche mit directer Muskelreizung ausgeschlossen werden mussten. Selbst wenn zwei Inductionsschläge von entgegengesetzter Richtung in rascher Folge durch den Muskel geschickt wurden, blieben so starke Polarisationen zurück, dass eine Ausmessung der Reizwelle illusorisch wurde, Reize von solcher Stärke vorausgesetzt, dass der curarisirte Muskel durch sie erregt wurde. Ich habe daher ausschliesslich indirecte Reizung angewendet und auf die Messung von Latenzzeiten verzichtet.

Der Gang eines Versuches war folgender:

Der Muskel wurde mit seinem Nerven behutsam herauspraeparirt und in die feuchte Kammer gebracht. Der Nerv wurde über die Reizelektroden gebrückt, der Muskel durch Schreibhebel und Gewicht gespannt und mit den Ableitungselektroden verbunden. Dieselben waren langhaarige Pinselelektroden nach v. Fleischl, welche, wenn nicht anders bemerkt ist, an der Mitte und dem unteren Ende des Muskels befestigt wurden. Der Pinsel wurde gespalten, der Muskel dazwischen gesteckt und nun die Haare zu beiden Seiten zusammengebunden. Der Muskel steckte also wie bei Her-

mann's Seilelektroden in einer Schlinge, welche leicht so fest gezogen werden konnte, dass sie durch die Bewegungen des Muskels keine Verschiebung erlitt. Der Aufzeichnung der Muskelzuckungen wollte ich nicht entrathen, weil es mir werthvoll war, für die Wirksamkeit des Reizes und für die fortschreitende Ermüdung des Muskels eine Controle zu haben. Es war sehr leicht, sich zu überzeugen, dass durch passive Bewegungen des Muskels das Capillar-Elektrometer nicht beeinflusst wurde.

War die feuchte Kammer geschlossen und der Ruhestrom compensirt, so konnte das Rheotom in Gang gesetzt und bei einer bestimmten Stellung des Elektrometer-Contactes (Contact III) die Abweichung des Meniscus abgelesen werden. Häufig genügte dazu eine Reizung, doch wurde ausnahmslos der Sicherheit wegen die Ablesung ein- oder mehrmals wiederholt. Nun wurde das Rheotom angehalten, Contact III verschoben, der Ruhestrom, wenn nöthig, wieder compensirt, das Rheotom neuerdings in Gang gesetzt und eine zweite Ordinate bestimmt. Auf diese Weise konnte in kurzer Zeit eine zur Construction der Curve genügende Anzahl von Punkten gewonnen werden, worauf die Bestimmungen in gleicher oder umgekehrter Reihenfolge wiederholt oder neue Bedingungen eingeführt wurden. Um vergleichbare Ablesungen zu haben, wurde mittels eines Stromwenders dafür gesorgt, dass die Ausschläge in der Capillare stets nach einer und derselben Richtung, und zwar gegen die Spitze zu geschahen. In den Curven bedeutet das negative Vorzeichen einen im Muskel absteigenden Strom.

I. Form und Dauer der elektrischen Erregungswelle in verschiedenen Muskeln.

1. Sartorius. Dieser Muskel giebt bei Ableitung von Mitte und Ende eine Welle von zwei Phasen, welche, wie Fig. 1 a[1] zeigt, von ziemlich symmetrischer Gestalt sind. Die maximalen Ordinaten sind gleich hoch, die positive Phase ist etwas gestreckt. Ist das Ende des Muskels beschädigt. so überwiegt die negative Phase, wie in Fig 1 b, und sehr leicht verschwindet die positive Phase ganz (Fig. 1 c). Die genaue Bestimmung des Endes der Curve stösst der geringen elektromotorischen Kräfte wegen auf Schwierigkeiten. In 10 Versuchen betrug der mit Sicherheit bestimmbare Abschnitt der Curve 0·05 Secunden.

[1] Die Zahlen zu den Figuren finden sich im Anhange.

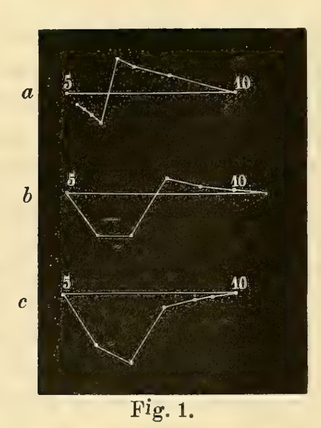


Fig. 1.

Reizwelle des Sartorius. Ableitung von Mitte und Ende. *a* unverletzter Muskel, *b* und *c* Ende verletzt. Die Einheit der Abscisse ist etwas mehr als $^1/_{100}$ Sec. (genau 0·0121 Sec). Die Einheit der Ordinate ist der Theilstrich des Ocularmikrometers.

2. Gastrocnemius. Die Curve besteht aus zwei negativen Theilen, getrennt durch einen positiven. Der letztere ist zweigipflig und sehr steil. (Fig. 2.) Die Dauer wurde in 4 Versuchen, in welchen die ganze Länge der Curve verfolgt wurde, gleich 0·26 Secunden gefunden. Wahrscheinlich ist sie noch länger.

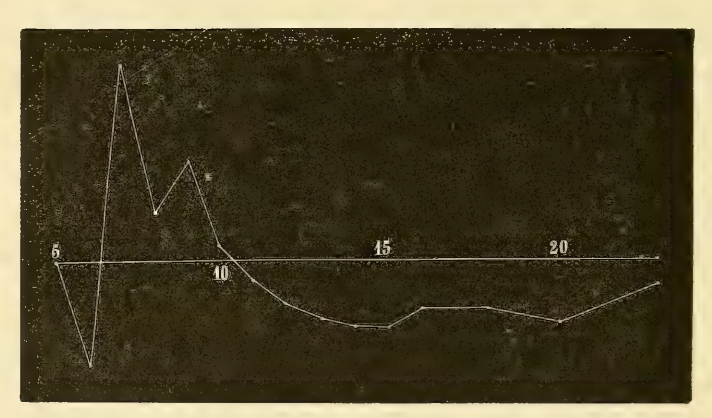


Fig. 2.

Gastrocnemius, unverletzt. Ableitung von Mitte und Achillessehne.

3. Gracilis, du Bois-Reymond. (Rectus internus major, Ecker.) Die Curve ist ähnlich der vorigen, dreitheilig, der positive Theil kürzer und steiler. (Fig. 3.) Die Gesammtdauer war in zahlreichen Versuchen am frischen Muskel zwischen 0·20 und 0·25 Secunden. In seltenen Fällen fehlt die dritte (zweite negative) Phase und die Dauer wird dann entsprechend kürzer. (Vgl. Fig. 9.)

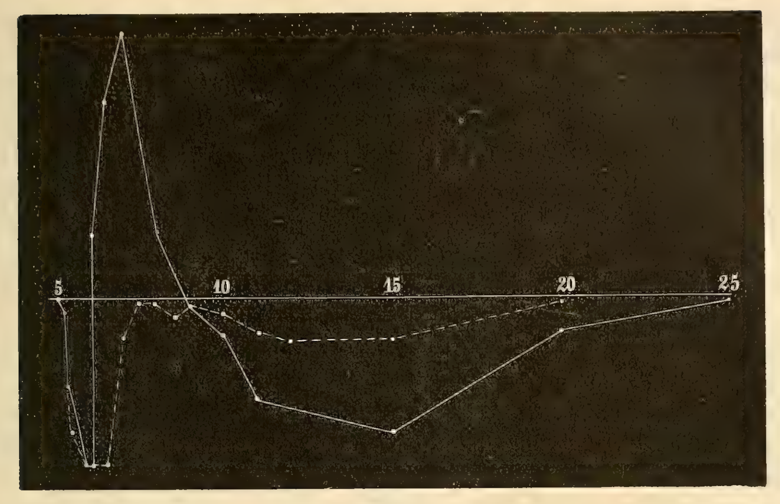


Fig. 3.

Gracilis, unverletzt. Ableitung von Mitte und Kniesehne. Ausgezogene Curve vom frischen Muskel, punktirte Curve vom ermüdeten Muskel, unteres Ende absterbend.

4. Biceps femoris, Ecker. Mit diesem Muskel habe ich nur einen einzigen Versuch angestellt. Ich fand eine dreitheilige Welle ähnlich der Graciliscurve, nur kleiner. (Fig. 4.) Die Dauer betrug 0·08 Secunden.

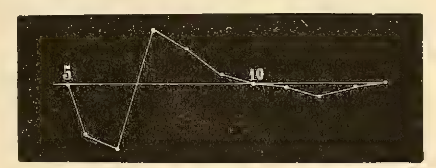


Fig. 4.

Biceps femoris, unverletzt. Ableitung von Mitte und unterem Ende.

Die aufgezählten Erfahrungen weichen von den bisherigen Messungen nicht unerheblich ab. Bernstein[1] giebt keine Werthe für die Dauer der doppelsinnigen Schwankung am Sartorius, doch erwähnt er, dass die positive Schwankung nicht selten länger ist, als die rein negative (bis 0·007 Secunden.) Nimmt man die Fortpflanzungsgeschwindigkeit zu 3^{m} und den Abstand der Elektroden zu 15^{mm} an, so würden die beiden Schwankungen zusammen bis 0·012 Secunden dauern. Hermann[2] misst die ganze Welle des Gastrocnemius bei Ableitung von Knie- und Plantaraponenrose zu etwa 0·01 Secunden und S. Mayer[3] findet bei etwas engerem Elektrodenabstand Werthe bis 0·016. So gross die Differenzen gegen die oben angeführten Zahlen sind, so glaube ich doch, dass sie sich aus der Verschiedenheit der messenden Instrumente genügend erklären lassen. Vor allem ist zu bemerken, dass

---

[1] *Untersuchungen über den Erregungsvorgang.* Heidelberg 1871. S. 63.

[2] Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1877. Bd. XV. S. 237.

[3] *Dies Archiv.* 1868. S. 655.

auch in meinen Versuchen sich die grössten positiven und negativen Ordinaten in einer sehr kleinen Zeit von 0·01 bis 0·02 Secunden Dauer zusammendrängen. Benützt man zur Messung ein Instrument, dessen Trägheit gegenüber dem Capillar-Elektrometer jedenfalls bedeutend ist und arbeitet man mit sehr kurzen Bussolschlüssen, so ist es sehr gut denkbar, dass der ganze Rest der Welle sich der Bobachtung entzieht. Besonders leicht dürfte der Fall eintreten, wenn tetanische Reizungen benutzt werden. Der Muskel wird dann bald so erschöpft, dass die Endstücke der Welle selbst mit dem Capillar-Elektrometer nur schwer bestimmbar sind. Für den frischen Muskel kann es aber keinem Zweifel unterliegen, dass sich elektrische Spannungsdifferenzen, welche mit der Contraction zusammenhängen, durch eine viel längere Zeit nachweisen lassen, als bisher angenommen wurde. Damit fällt aber auch die Vorstellung, dass die elektrische Welle in das Latenzstadium der Contraction fällt und dieser vorausläuft. Sie muss vielmehr ein Ausdruck der Contraction selbst sein. Für den positiven Theil der Welle hat dies Holmgren[1] bereits behauptet, seine Angabe hat aber wenig Beachtung gefunden. Man könnte nur noch annehmen, dass die elektrische Aenderung im Muskel früher beginnt als die mechanische. Aber auch diese Behauptung bedürfte erst des Beweises. Die Latenzzeit der Muskelzuckung ist um so kürzer geworden, je bessere Hülfsmittel man zu ihrer Bestimmung angewendet hat. Und wenn Tigerstedt[2] sie unter günstigen Umständen bis auf 0·003 Secunden herabgehen sah, so ist, wie ihm zugegeben werden muss, damit nur eine obere Grenze des Werthes gefunden, da unzweifelhaft die Latenzzeit des Muskelelementes kleiner sein wird. Man wird somit auch die erste negative Phase der gefundenen Welle, welche am frischen Muskel kaum 0·01 Secunden dauert, nicht im Sinne der bisherigen Anschauungen verwerthen können, um so mehr, als sich sofort zeigen wird, dass dieselbe nur ein Stück eines viel länger dauernden Vorganges ist, dessen weitere Beobachtung durch das Eintreten der positiven Phase unterbrochen wird.

Es ist vielleicht nicht unnöthig zu bemerken, dass die oben gegebenen Zeiten, insbesondere diejenige für den Gastrocnemius nicht länger sind als die Zuckungsdauer. Ich könnte mich auf die Curve des indirect gereizten Gastrocnemius berufen, welche Helmholtz[3] in seiner ersten Arbeit über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung abgebildet hat. Dieselbe kann mit dem Theilstriche 7 der Abscisse, (Werth eines Theilstriches = 0·003 bis 0·004 Secunden) wo der von dem fallenden Gewicht gespannte Muskel zum ersten Male elastisch zurückschwingt, durchaus nicht als ab-

[1] *Dies Archiv*, 1871. S. 237.

[2] *Dies Archiv*, 1885. Suppl.-Bd. S. 111.

[3] *Dies Archiv*, 1850. S. 276. — *Wissenschaftliche Abhandlungen.* II. S. 764.

geschlossen betrachtet werden, wie aus der stetigen Abnahme der „Gleichgewichtshöhen“ sofort abzulesen ist. Der gesuchte Werth hängt indessen von so vielen Einflüssen ab, dass es misslich erscheint, das Resultat einer Versuchsanordnung auf eine andere zu übertragen. Ich habe es daher nicht unterlassen, mit meinen Hülfsmitteln und unter möglichst unveränderten Bedingungen Messungen der Zuckungsdauer anzustellen. Als Beispiel diene Fig. 5, darstellend die isotonischen Zuckungscurven eines mit 10^{grm}

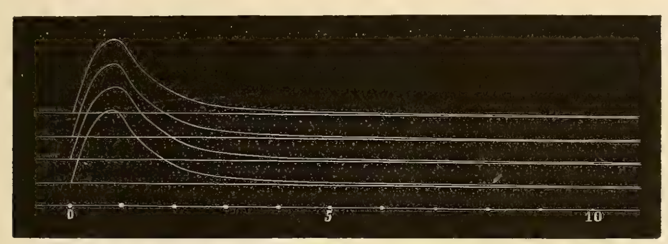


Fig. 5.

Vier isotonische Zuckungscurven eines indirect gereizten Gastrocnemius (Frosch) Spannung $= 10^{grm}$. Die unterste Abscisse in Zehntelsecunden getheilt.

gespannten Gastrocnemius. Die Abscisse unterhalb der Curve ist in Zehntel-Secunden getheilt. Wo man das Ende der Zuckung annehmen will, ist bei einer assymptotisch sich anschmiegenden Curve natürlich ganz willkürlich. Dass aber der Vorgang nach 0·2, ja selbst nach 0·3 Secunden nicht abgeschlossen ist, wird selbst dann nicht zu leugnen sein, wenn man das letzte Stück als eine Contractur oder als eine elastische Nachwirkung zu betrachten gesonnen ist. Vorausgesetzt, dass der Muskel überhaupt zu seiner alten Länge zurückkehrt, so hat man es hier mit einer langsamen Formveränderung zu thun, deren Ursache in dem vorausgegangenen Reizanstoss zu suchen ist. Die Möglichkeit, dass in dem ausklingenden Theil des Zuckungsverlaufes elektrische Spannungen zur Entwickelung kommen, wird um so weniger von der Hand zu weisen sein, als ein Antheil des Erschlaffungsstadiums an der Wärmebildung durch die Versuche von Heidenhain und Steiner[1] sichergestellt ist. Am Herzen ist übrigens durch Sanderson und Page[2] der Nachweis erbracht, dass die elektrischen Spannungen ebenso lange andauern, wie die Contraction.

II. Zusammensetzung der elektrischen Welle.

Die aus dem Thiere herauspraeparirten enthäuteten und dem Versuch unterworfenen Muskeln unterliegen selbst bei schonendster Behandlung allmählich zerstörenden Einflüssen. Namentlich sind es die zugespitzten Enden,

[1] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. II. S. 423; — Bd. XI. S. 196.
[2] *Journal of Physiology.* II. p. 396.

welche zuerst leiden; wie es scheint genügt die Umschnürung der Sehne um das Absterben der angrenzenden Muskelfasern einzuleiten. In Folge dessen erreicht die Erregung nicht mehr oder sehr geschwächt die endständige Elektrode und die positive Phase verliert an Höhe. Ich habe ein Beispiel einer solchen Curve bereits in Fig. 1 b vom Sartorius gegeben. Fällt die positive Phase ganz fort, so bleibt eine einzige negative Phase übrig (Fig. 1 c), welche nicht merklich kürzer ist, als früher die ganze Welle, woraus folgt, dass eine Superposition der beiden Componenten stattfindet. Bei der dreitheiligen Welle zeigt sich im gleichen Falle eine Abschwächung des mittleren positiven Theiles, wie dies z. B. aus Fig. 3 sehr deutlich zu ersehen ist. Durch absichtliche Verletzung des unteren Endes lässt sich dasselbe Ergebniss noch deutlicher herbeiführen (Vergl. Fig. 12 auf S. 217). Die Beobachtung ergiebt dann eine einzige, sehr langgestreckte negative Welle, welche durch einen Knick kurz hinter ihrem Maximum andeutet, dass noch ein Rest der positiven Welle von ihr verdeckt wird. Es gehören also in der dreitheiligen Welle die beiden negativen Stücke einer einzigen Componente an, welche durch das Dazwischentreten der positiven Phase in zwei Theile zerspalten wird. Es lässt sich auch sofort sagen, dass die positive Componente für sich betrachtet kürzer sein wird, oder doch rascher absinken muss, als die negative Componente und ferner, dass sie sehr steil ansteigen muss, da es sonst nicht erklärlich wäre, wie sie im Stande sein könnte, die negative Componente nicht nur zu durchbrechen, sondern der positiven Phase ansehnliche Höhen zu ertheilen. Der Beweis wird vollständig sein, wenn es gelingt, durch Unterdrückung oder Abschwächung der negativen Componente die positive zu isoliren. Zu dem Ende wurde die untere endständige Elektrode an ihrem Platze belassen, die obere von der Mitte des Muskels entfernt und an das obere durch Verbrühen oder Quetschen getödtete Ende des Muskels gebracht. Die Ablesungen ergaben eine Curve der Potentialdifferenzen, welche, wie Fig. 6 zeigt, den gehegten Erwartungen entspricht. Von der zweiten Componente verräth nur der kurze negative Vorschlag eine Spur.

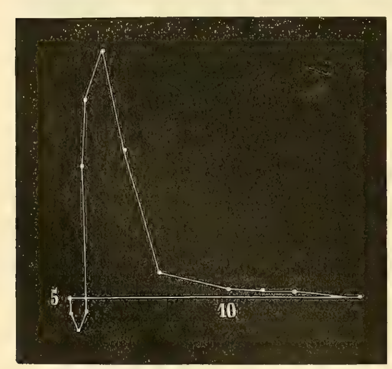


Fig. 6.
Gracilis, obere Hälfte abgetödtet, Ableitung von beiden Enden.

Man hat sich demnach vorzustellen, dass ein Querschnitt aus der Mitte des gereizten Gastrocnemius oder Gracilis längere Zeit in der Negativität verharrt als ein Querschnitt, welcher nahe dem unteren Ende durch den Muskel gelegt ist. Bei dem innigen Zusammenhange, welcher zwischen dem Actionsstrom und

der Contraction zu bestehen scheint, hielt ich es für angezeigt, die genannten Abschnitte des Muskels auch in Bezug auf ihre partiellen Contractionen zu prüfen. Die Versuche wurden folgendermaassen angestellt. Ein Gracilis, welcher mit seinem Nerven in gewöhnlicher Weise herauspraeparirt war, wurde horizontal in eine kleine flache Rinne gelegt und in derselben mit geringer Spannung fixirt. Nun wurden quer über die obere Fläche des Muskels zwei leichte Schreibhebel gelegt, welche bei jeder Zuckung des Muskels die Verdickung der Querschnitte, über welchen sie lagen, auf die Trommel verzeichneten. Die Reizung des Nerven geschah in gleichen Intervallen durch das Rheotom. Wurde der eine Hebel über die Mitte des Muskels, der andere über das untere Ende gelegt, so erhielt ich Curven, von welchen Fig. 7 ein Facsimile giebt. Die Zuckungen von der Mitte des Muskels sind von beträchtlicher Dauer und sanftem Abfall, die Zuckungen des Endes kurz und steil. Die Uebereinstimmung mit den elektrischen Erscheinungen ist also eine sehr befriedigende.

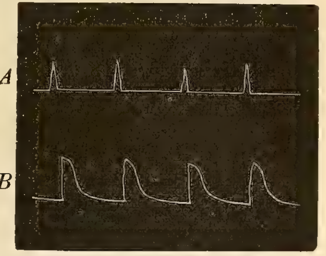


Fig. 7.
Partielle Contractionen (Verdickungen) des Gracilis. *A* nahe dem unteren Ende. *B* in der Mitte des Muskels. Periodische, indirecte Reizung.

Ueber die Ursachen, welche zu einer solchen Verschiedenheit der einzelnen Abschnitte des Muskels führen, lassen sich nur Vermuthungen hegen. Man wird sich an die Angaben Grützner's[1] erinnern, nach welchen jeder Muskel aus zwei Fasergattungen, rothen und weissen besteht. Ein Urtheil wird erst möglich sein, wenn bekannt ist, auf welche Weise die beiden Elemente in einem gegebenen Muskel ineinander gewebt sind. Es ist aber ersichtlich, dass auch durch Fasern einerlei Art, wenn diese verschiedene Länge oder den Nerveneintritt in verschiedener Höhe haben, ähnliche Erscheinungen hervorgebracht werden könnten. Betrachtet man die Abbildung, welche Mays[2] (in Taf. II Fig. 4 seiner Abhandlung) von der Nervenvertheilung im Gracilis giebt, so lässt sich vorstellen, dass die Erregungen beider Hälften des Muskels nicht gleichzeitig an der Inscription anlangen, trotzdem die Uebertragung des Reizes von den Nerven auf die Muskelfasern gleichzeitig geschehen kann. Ich glaube, dass in diesem Sinne der Brücke'sche[3] Satz vom Pelotonfeuer sehr gut zu Recht bestehen kann. Man hätte sich dann die von einem bestimmten Muskelquerschnitt abgeleitete elektrische Schwankung abhängig zu denken von der Reihenfolge, in welcher die einzelnen Elemente des

[1] *Breslauer ärztliche Zeitschrift.* 1886-
[2] *Zeitschrift für Biologie.* Bd. XX. S. 449.
[3] *Wiener Sitzungsberichte.* Bd. LXXVI. Abth. III. S. 265.

Querschnittes in die Erregung eintreten. In welcher Weise diese Anschauung auf den durch du Bois-Reymond[1] entwirrten Bau des Gastrocnemius zu übertragen wäre, vermag ich allerdings nicht zu sagen.

Auf eine bereits oben flüchtig erwähnte Erscheinung möchte ich hier nochmals kurz zurückkommen. Durch Zerstörung der Muskelfasern an einer Ableitungsstelle ist es immer möglich, die zugehörige Componente sehr zurücktreten zu lassen, aber nicht sie völlig zu vernichten. So stammt Fig. 6 von einem Muskel, an welchem fast die ganze obere Hälfte bis zum Nerveneintritt zerstört und der zugehörige Nervenast durchschnitten war und ich könnte eine Anzahl Beispiele beibringen, in welchen bei gleicher Praeparationsweise nicht allein der negative Vorschlag, sondern auch die zweite negative Phase wenigstens spurweise zum Vorschein kam. Da ein Herantreten der Erregung an die eine, hier die obere Elektrode ausgeschlossen war, so folgt daraus, dass das Capillar-Elektrometer nicht allein von den Vorgängen in unmittelbarer Nähe der Ableitungsstelle beeinflusst wird. Dies zeigt sich sehr deutlich, wenn man dem unverletzten Muskel eine lange Sehne oder sonst ein indifferentes Gewebsstück als unerregbaren Anhang belässt und von diesem ableitet. Die Reizung ergiebt eine vollständige Curve, in welcher die der indifferenten Ableitungsstelle entsprechende Componente nicht merklich beeinträchtigt ist. Das Gefälle der Stromzweige, welche die Ableitungsstelle kreuzen, muss also noch immer ausgiebig genug geändert werden. Dieser Versuch unterscheidet sich von dem früheren nur dadurch, dass die Ableitungsstelle durch Vermittelung des unerregbaren Stückes an unverletztes Muskelgewebe stösst. Die Abschwächung der einen Componente in dem ersten Versuch bedeutet somit sicherlich nichts anderes als die Abschwächung der Erregungswelle selbst. Eine reine negative Schwankung, welche zugleich die eine Componente der Curve darstellen würde, dürfte, bei der gebräuchlichen Form der Ableitung, mit dem Capillar-Elektrometer überhaupt nicht zu erhalten sein. Das Instrument bietet aber die Möglichkeit das Potential eines beliebigen Punktes der Muskeloberfläche mit dem der Erde zu vergleichen.

III. Die elektrischen Erscheinungen am ermüdeten Muskel.

Die resultirende Curve wird durch die Ermüdung in doppelter Weise geändert. Erstens werden alle Ordinaten kleiner und zweitens rücken die charakteristischen Punkte weiter von dem Anfang weg. Letzteres würde zu einer Verlängerung der ganzen Curve führen; da aber, wie erwähnt, gleichzeitig alle Ordinaten vermindert werden, so verliert sich das Ende der Curve in unmessbar kleinen Werthen derart, dass der bestimmbare Abschnitt in der Regel kürzer wird oder doch gleich lang bleibt wie bei dem frischen Muskel.

[1] *Gesammelte Abhandlungen.* II.

Eine Verschiebung der einzelnen Stücke der elektrischen Welle in der Weise, dass der zeitliche Abstand vom Reizmoment grösser wird, hat Hermann[1] wiederholt beobachtet. In den vorliegenden Versuchen wurde

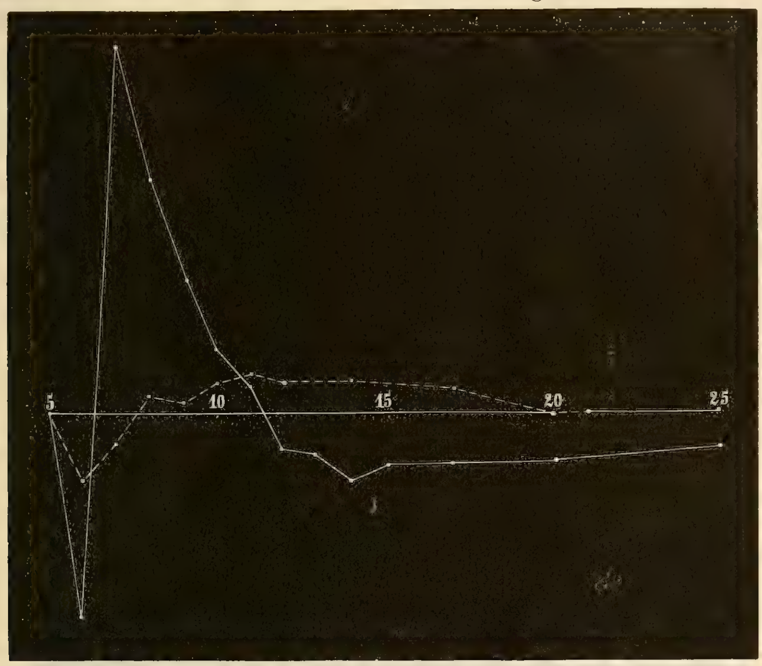


Fig. 8.

Gracilis, unverletzt. Ableitung von Mitte und unterem Ende. Ausgezogene Curve vom frischen, punktirte Curve vom ermüdeten Muskel.

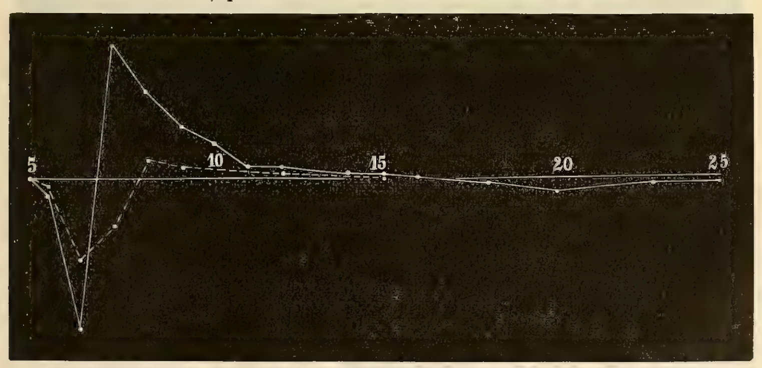


Fig. 9.

Gracilis frisch und ermüdet.

der Eintritt der Schwankung stets unverändert gefunden, so dass die Erscheinung nicht als eine Verlängerung der Latenzzeit aufzufassen war. Als

[1] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XV. S. 238; — Bd. XVI. S. 241.

Beispiele mögen die Figg. 8, 9, 10 und 11 dienen. Die Curven des frischen und des ermüdeten Muskels sind auf eine gemeinschaftliche Abscisse bezogen. Das Abrücken des Gipfels der positiven Phase von dem Anfangspunkte ist in allen Fällen deutlich, wenn auch nicht gleich beträchtlich.

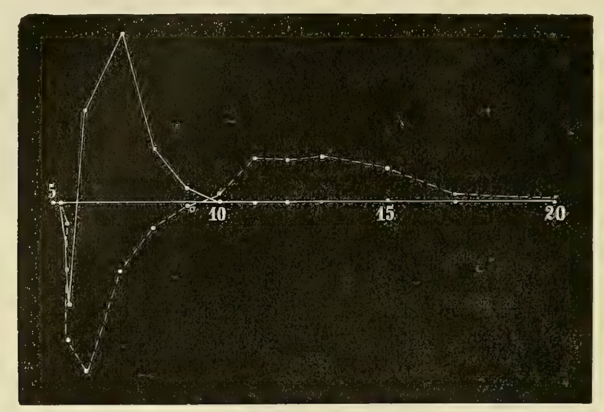


Fig. 10.
Gracilis frisch und ermüdet.

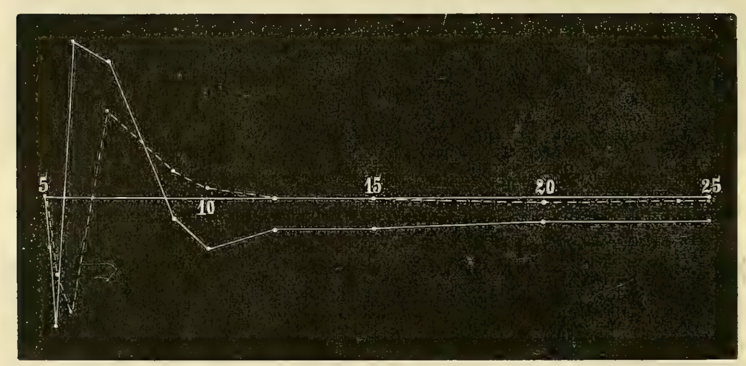


Fig. 11.
Gracilis frisch und ermüdet.

Auch auf Fig. 3 kann verwiesen werden. Man erkennt in der punktirten Curve nicht allein die Abschwächung, sondern auch die Verspätung der positiven Componente. Zuweilen geht eine stärkere Ausbildung der ersten negativen Phase damit einher. Der Befund wird am einfachsten erklärt durch die Annahme, dass die zweite Componente, durch deren Interferenz mit der ersten die positive Phase entsteht, später zur Entwickelung kommt, was mit anderen Worten heisst, dass die Fortpflanzung der Erregung von der mittleren Elektrode auf die endständige langsamer von Statten geht. In der That ist durch zahlreiche und sorgfältige Versuche festgestellt, dass in Folge des Absterbens und der Ermüdung die Fortpflanzungsgeschwindig-

keit der Contractionswelle abnimmt. Da in meinen Versuchen die mittlere Elektrode sehr nahe am Nerveneintritt gelegen war, so konnte für diese eine Verzögerung nicht deutlich nachgewiessen werden; an der unteren Elektrode, welche am Ende des Muskels befestigt war, musste aber eine Verspätung wohl bemerkbar werden. Man könnte freilich noch eine andere Erklärung versuchen und annehmen, dass die Gestalt der Componenten im Verlaufe des Versuches wesentliche Aenderungen eingehe und daher zu einem anderen Ergebniss der Interferenz führen würde. Dass diese Voraussetzung für die negative Componente nicht zutrifft, davon habe ich mich durch eine Reihe von Versuchen überzeugt. Als Beispiel diene Fig. 12.

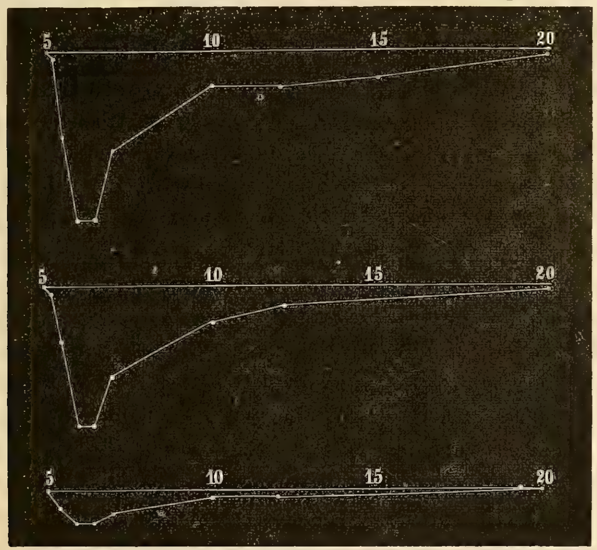


Fig. 12.
Gracilis, unteres Ende getödtet. Ableitung von hier und 12 mm höher oben. Verschiedene Stadien der Ermüdung.

Das untere Ende des Muskels ist abgetödtet, um die positive Componente möglichst unbedeutend zu machen und dann sind hintereinander drei Bestimmungen der resultirenden Welle vorgenommen. Man sieht, dass die Ordinaten immer kleiner werden, eine Veränderung der allgemeinen Curvenform ist aber nicht nachweisbar.

Die oben gegebenen Beispiele von ermüdeten Muskeln lassen sich also gar nicht anders erklären, als durch eine Verspätung der positiven Componente. Ob sie gleichzeitig auch eine Aenderung der Form erleidet und wieweit hieran die zerstörenden Einflüsse betheiligt sein mögen, denen der ausgeschnittene Muskel ausgesetzt ist und welche an seinen schmalen Enden am raschesten wirken, darüber kann ich gegenwärtig noch keine Angaben machen.

Aus den mitgetheilten Erfahrungen scheint mir zu folgen, dass die elektrischen Vorgänge, die sich im Muskel in Folge einer Reizung abspielen, in einem viel engeren Zusammenhange mit den mechanischen Aeusserungen stehen als man bisher anzunehmen geneigt war. Man wird berechtigt sein zu schliessen, dass die Entwickelung der elektrischen und der mechanischen Spannungen neben einander hergeht und wird erwarten dürfen, alle Eigenthümlichkeiten der Muskelcontraction in der elektrischen Spannungscurve wieder zu finden. Es ist damit nicht gesagt, dass die Beobachtung dieser beiden Aeusserungen der Muskelthätigkeit stets übereinstimmende Resultate geben müsse, wenigstens nicht bei Anwendung der gebräuchlichen Methoden. Wenn es gelingt, von einem contrahirten Muskel secundären Tetanus zu erhalten, oder das Telephon zu erregen, so beweist dies, dass zwischen zwei oder mehreren Punkten der Muskeloberfläche elektrische Ungleichartigkeiten in raschem Wechsel bestehen. Die dazu gehörigen mechanischen Veränderungen brauchen aber in der verzeichneten Muskelcurve nicht zum Vorschein zu kommen, weil jede Ordinate der Curve die Summe der gleichzeitigen Bewegungszustände aller Muskelelemente darstellt. Sieht man von dieser Differenz der Ergebnisse ab, welche auf Verschiedenheit der Fragestellung beruht, so lassen sich folgende Uebereinstimmungen zwischen der elektrischen und der Verkürzungscurve nachweisen: Gleiche oder doch annähernd gleiche Dauer und im Falle der Ermüdung Streckung und Erniedrigung. Erinnert man sich endlich, dass v. Kries[1] für beide Functionen eine Abhängigkeit von der Reizungsart nachweisen konnte, so ist ersichtlich, dass je nach der Wahl der Versuchsbedingungen sehr verschiedene Reizfrequenzen nöthig sein werden, um durch Interferenz entgegengesetzter elektrischer Phasen eine Auslöschung der Schwankungen oder bei Schwächung einer Componente einen decrementiellen Actionsstrom herbeizuführen, auf welchen weder das Telephon noch der stromprüfende Froschschenkel zu antworten befähigt sind. Dass die Grenze unter Umständen sehr tief liegen wird, kann nicht zweifelhaft sein. Handelt es sich darum die elektrischen Phaenomene zur Analyse des künstlichen oder willkürlichen Tetanus zu verwerthen, so dürfte die gewonnene Einsicht nicht ohne Nutzen sein. Im Allgemeinen wird man aber nicht hoffen dürfen, auf diesem Wege zu wesentlich einfacheren Ergebnissen zu gelangen, als durch das Studium der mechanischen Veränderungen im Muskel.

Anhang.

Die nachstehend aus den Versuchsprotocollen abgedruckten Ablesungsreihen sind nach den zugehörigen Holzschnitten numerirt. Jeder Versuch

[1] *Dies Archiv.* 1884. S. 337

enthält drei Stäbe. Der erste Stab giebt die Reihenfolge der Ablesungen, der zweite, mit R. überschrieben, giebt die Stellung des Elektrometer-Contactes (Contact III) in Hunderteln der Peripherie des Rheotoms. Der dritte Stab enthält die Ablesungen am Capillar-Elektrometer. Jede dieser Zahlen ist, wie bereits erwähnt, das Ergebniss wiederholter Ablesung. Geben dieselben schwankende Resultate, so sind beide Grenzwerthe angeführt. In den Punkten des Zeichenwechsels kamen zuweilen doppelsinnige Ausschläge zur Beobachtung. Das negative Vorzeichen bedeutet einen im Muskel absteigenden Strom.

1 a. (Versuch 120). Sartorius unverletzt, 36 mm lang. Ableitung vom unteren Ende und 11 mm höher oben. Ruhestrom absteigend.

Nr.	R.	A.	
1	5·5	− 0·5	
2	5·3	− 0·3	
3	5·7	− 0·75	
4	6	− 1	
5	6·5	+ 1	
6	7	+ 0·75	
7	8	+ 0·5	
8	10	0	
9	12	0	
10	15	0	

1 b. (Versuch 74). Sartorius, oberes Ende verletzt, Ableitung vom oberen Ende und Mitte. Ruhestrom absteigend.

Nr.	R.	A.	
1	11	0	Bei der Construction der Curve wurden die Zeichen vertauscht um die Vergleichung m. 1 a zu erleichtern.
2	10	− 0·1	
3	9	− 0·2	
4	8	− 0·4	
5	6	+ 1·25	
6	5	0	
7	6	+ 1 bis 1·5	
8	7	+ 1 bis 1·5	
9	8	0	

1 c. (Versuch 75.) Sartorius wie oben, ermüdet.

Nr.	R.	A.	
1	11	0	Bei der Construction der Curve wurde das Vorzeichen gewechselt.
2	10	0	
3	9·5	0	
4	9	+ 0·2	
5	7	+ 2	
6	5	0	
7	6	+ 1·5	
8	7	+ 2	
9	8	+ 0·4	
10	9	+ 0·2	
11	9·5	+ 0·1 (?)	
12	9·5	0	

2. (Versuch 60.) Gastrocnemius, unverletzt. Ableitung von Mitte und unterem Ende. Ruhestrom aufsteigend.

Nr.	R.	A.	
1	5	− 0·1	
2	6	− 3	
3	7	+ 6	
4	8	+ 1·5	
5	9	+ 3	
6	10	+ 0·5	
7	11	− 0·5	
8	12	− 1·25	
9	13	− 1·7	
10	14	− 2	
11	15	− 2	
12	16	− 1·5	
13	18	− 1·5	
14	20	− 2 (?)	
15	23	− 0·75	

3. (Versuch 86.) Gracilis, unverletzt. Ableitung von Mitte und unterem Ende. Ruhestrom aufsteigend.

Nr.	R.	A.	
1	5·2	0 (?)	
2	5·4	−2·5	
3	5·3	0 bis −0·75	
4	5·2	0	
5	6	−5·0 sehr rasch	
6	6·5	+6	
7	6·2	−5 und + 2 Doppelsinniger Ausschlag	
8	7	+8	Ausgezogene Curve.
9	8	+2	
10	10	−0·5 bis −1·75	
11	9	0 bis −0·75	
12	11	−3	
13	15	−4	
14	20	−1	
15	25	−0·2	
	Kurze	Pause.	
16	5·2	0	
17	5·3	−0·3	
18	5·5	−4	
19	6·0	−5	
20	6·5	−5	
21	6·5	−5	
22	7	−0·7 bis −1·7	
23	7·5	−0·1	
24	8	−0·1	Punktirte Curve.
25	8·5	−0·6	
26	9	−0·2	
27	10	−0·4	
28	11	−1·0	
29	12	−1·3	
30	15	−1·3	
31	20	−0·1	

4. (Versuch 78.) Biceps femoris, Ecker. Unverletzt. Ableitung von Mitte und unterem Ende. Ruhestrom aufsteigend.

Nr.	R.	A.	
1	5	−1·5	
2	4·5	0	
3	6	−2·0	
4	7	+1·5	
5	8	+1·0 (?)	
6	9	+0·3	
7	10	0 (?)	
8	11	−0·1	
9	12	−0·4	
10	13	0 (?)	
11	14	0	

6. (Versuch 122.) Gracilis, obere Hälfte abgetödtet, zugehöriger Nervenast durchschnitten. Ableitung von beiden Enden. Ruhestrom absteigend und stark. Länge des Muskels 34 mm.

Nr.	R.	A.	
1	5·5	−1	
2	5·3	−0·5	
3	5·2	0	
4	5·7	−0·5 und +4 Doppelsinnig.	
5	6	+6	
6	6·5	+7·5	
7	7	+4·5	
8	8	+0·75	
9	10	+0·3	
10	11	+0·2	
11	12	+0·2	
12	14	0	
13	17	0	

8. (Versuch 77.) Gracilis, unverletzt. Ableitung von Mitte und unterem Ende.

Nr.	R.	A.	
1	5	0	
2	6	− 6	
3	7	+ 11	
4	8	+ 7	Ausgezogene Curve.
5	9	+ 4	
6	10	+ 2	

Nr.	R.	A.	
7	11	+ 0·8	Ausgezogene Curve.
8	12	− 1	
9	13	− 1·25	
10	14	− 2	
11	15	− 1·5	
12	17	− 1·5	
13	20	− 1·5	
14	25	− 1	
Pause von 15 Minuten.			
15	6	− 3	
16	7	+ 3	
17	8	+ 2	
18	10	+ 1	
19	11	+ 0·4	
20	12	+ 0·2	
21	13	+ 0·2	
22	14	+ 0·2	
23	15	+ 0·2	
24	16	+ 0·3	
25	17	+ 0·5	
26	18	+ 0·2	
27	20	− 0·2	
28	21	− 0·3	
29	23	?	
Pause von 20 Minuten.			
30	6	−2	Punktirte Curve.
31	7	−1·5 bis −0·2	
32	8	+0·5	
33	9	+0·4	
34	10	+1	
35	11	+1·25	
36	12	+1	
37	14	+1	
38	17	+0·75	
39	20	0	
40	21	0	
Pause von 15 Minuten.			
41	6	− 1·5	
42	7	− 1·5	
43	8	− 0·1	
44	9	0	
45	10	0	
46	11	+ 0·1	
47	14	+ 0·2	
48	17	+ 0·1	
49	20	0	

9. (Versuch 82.) Gracilis, unverletzt. Ableitung von Mitte und unterem Ende. Ruhestrom aufsteigend.

Nr.	R.	A.	
1	4·5	0	Ausgezogene Curve.
2	5	−0·5	
3	6	−4·5 sehr rasch	
4	7	+4	
5	8	+2·5	
6	9	+1·5	
7	10	+1	
8	11	+0·3	
9	12	+0·3	
10	14	+0·1	
11	15	+0·1 (?)	
12	16	0	
13	18	−0·1	
14	20	−0·3	
15	23	−0·1	
16	25	−0·1	
Pause von 10 Minuten.			
17	4·5	0	
18	5	−0·5	
19	6	−3·5	
20	7	−1·5 und +1·5 Doppelsinnig.	
21	8	+2	
22	9	+1	
23	12	+0·3	
24	15	0	
25	18	0	
26	20	0	
27	23	−0·1 (?)	
28	25	−0·1 (?)	
Pause von 10 Minuten.			
29	4·5	0	Punktirte Curve.
30	5	−0·3	
31	6	−2·5	
32	7	−1·5 Nicht doppelsinnig.	
33	8	+0·5	
34	7	−1·5	
35	9	+0·3	
36	12	+0·2	
37	15	0	
38	25	0 (?)	

10. (Versuch 87.) Gracilis, unverletzt. Ableitung von Mitte und unterem Ende. Ruhestrom aufsteigend.

Nr.	R.	A.	
1	5	0	
2	5·5	−3	
3	5·4	−2	
4	5·3	−1	
5	5·2	0	
6	6	+2·75	
7	7	+5	
8	8	+1·5	
9	9	+0·5	Ausgezogene Curve.
10	10	0	
11	11	0	
12	12	0	
13	13	0	
14	15	0	
15	17	0	
16	20	0	
	Kurze Pause.		
17	5	0	
18	5·2	0	
19	5·3	−0·6	
20	5·5	−4	
21	6	−5	
22	7	−2	
23	8	−0·75	
24	9	−0·1	
25	10	+0·2	Punktirte Curve.
26	11	+1·3	
27	12	+1·25	
28	13	+1·25	
29	15	+1	
30	17	+0·2	
31	20	+0·1	
32	25	0	
	Kurze Pause.		
33	5·2	0	
34	5·3	−0·3	
35	5·5	−2	
36	6	−4	
37	7	−3	
38	8	−1·3	
39	9	−0·5	
40	10	−0·3	
41	11	−0·1	
42	12	0	
43	13	0	
44	14	+0·1	
45	15	0	
46	16	−0·1	
47	17	−0·1	
48	18	−0·1	
49	19	0	
50	20	0	

11. (Versuch 102.) Gracilis, unverletzt, Länge des Muskels 35 mm. Untere Elektrode am Ende des Muskels, obere Elektrode 15 mm enfernt. Ruhestrom aufsteigend, zuerst schwach, später zunehmend.

Nr.	R.	A.	
1	5	0	
2	5·2	−1·5	
3	5·1	0 bis −1·5	
4	5·5	−4	
5	6	+4·5	
6	7	+4	Ausgezogene Curve.
7	9	−0·5 bis −1	
8	10	−1·5	
9	12	−1	
10	15	−1	
11	20	−0·75	
12	25	−0·75	
	Kurze Pause.		
13	5	0	
14	5·1	0	
15	5·2	−0·5 bis −1·5	
16	5·5	−4	
17	6	−4 rasch	
18	6	−4	
19	7	+4·5	
20	9	0	
21	10	−0·3	
22	12	−1	
23	15	−1	

Nr.	R.	A.	
24	20	−0·5	
25	25	−0·3	
	Kurze Pause.		
26	5·2	0 bis −1·5	Punktirte Curve.
27	5·5	−2·5	
28	6	−3·5	
29	7	+2·5	
30	9	+0·75	
31	10	+0·2	
32	12	0	
33	15	0	
34	20	−0·1 (?)	
35	25	−0·1 (?)	

12. (Versuch 100.) Gracilis, 37 mm lang, die untersten 3 mm abgetödtet. Ableitung von hier und 12 mm höher oben. Ruhestrom aufsteigend und stark.

Nr.	R.	A.	
1	5·1	0	
2	5·2	−0·2	
3	5·5	−2·5	
4	6	−5	
5	6·5	−5	
6	7	−3	
7	10	−1	
8	12	−1	
9	15	−0·75	
10	20	−0·2	
11	25	0	
12	22	−0·3	
13	23	−0·2	
	Kurze Pause.		
14	5·1	0	
15	5·2	−0·1	
16	5·5	−1 bis −2	
17	6	−4	
18	6·5	−4	
19	7	−2·5	
20	10	−1	
21	12	−0·5	
22	20	−0·1	
23	25	0 (?)	
	Kurze Pause.		
24	5·2	0 (?)	
25	5·5	−0·5	
26	6	−1	
27	6·5	−1	
28	7	−0·75	
29	7	−0·75	
30	10	−0·2	
31	12	−0·2	
32	20	0	

Der Accommodationsmechanismus und ein neues Modell zur Demonstration desselben.

Von

Dr. Schoen
in Leipzig.

(Hierzu Taf. III u. IV.)

Die thatsächlichen Veränderungen, welche die Linse bei der Accommodation für die Nähe hinsichtlich ihrer Lage und Gestalt erleidet, sind genau bekannt. Dagegen liegen über den Mechanismus, welcher diese Veränderungen bewirkt, nur Hypothesen vor. Die gangbarste ist die, nach welcher der Ciliarmuskel die Chorioidea und den hinteren Ansatzpunkt der Zonula vorwärts zieht. Dadurch soll die Zonula erschlaffen und der Linse die Möglichkeit geboten werden, sich, ihrem Elasticitätsbestreben folgend, zu verdicken.

Der Vorgang wäre in dieser Weise denkbar, wenn die Chorioidea und die Zonula über einen festen Rahmen gespannt wären, von dessen vorderen Rändern wie über eine Rolle weg, der freie Theil der Zonula zur Linse liefe. Nachvorneziehen des hinteren Zonulaansatzes könnte dann in der That den freien Theil der Zonula zur Erschlaffung bringen, ohne eine Einwirkung auf den Inhalt des Glaskörperraumes auszuüben.

Eine solche Einrichtung findet sich aber nicht vor, vielmehr ist es der, die hintere Kammer prall ausfüllende, Glaskörper, welcher Netzhaut und Chorioidea gegen die Sklera anpresst, die Chorioidea straff ausdehnt und so auch schliesslich die eigentliche Ursache der Spannung der Zonula darstellt. Der gleiche Druck wie auf den Wänden des Glaskörperraumes lastet auch auf dem Linsensystem. Würde man etwas vom Glaskörper entfernen, so würde das Auge weich werden und zusammenfallen. Unter solchen Umständen muss das Vorwärtsziehen der Chorioidea eine Erhöhung des Glaskörper-

druckes bewirken, welcher seinerseits die Linse nach vorwärts zu drängen sucht und zwar mit derselben Kraft, mit welcher die Chorioidea nach vorn gezogen wurde.

Selbst zugegeben, dass der Act in der angenommenen Weise verliefe, würde also von einem Erschlaffen der Zonula nicht die Rede sein können.

Die Thatsache, dass der Druck in der vorderen Kammer bei der Einstellung für die Nähe nicht steigt, was geschehen müsste, wenn die Linse nach vorn rückte, beweist aber, dass jene Vorstellung nicht richtig sein kann.

Die obige Hypothese vernachlässigt das Vorhandensein des Glaskörpers ganz. Diesem scheint aber eine so wichtige Rolle bei der Accommodation zuzukommen, dass man letztere gewissermaassen als ein hydrostatisches Problem auffassen kann.

Ehe wir zur Untersuchung desselben schreiten, müssen einige Vorfragen erledigt werden.

Accommodative Veränderungen der Linse.

Folgende Punkte können als gesichert betrachtet werden.

1. Die Linse, aus ihrer Verbindung mit der Zonula gelöst, nimmt eine kugeligere Gestalt an. Letztere scheint also die der eigenen Elasticität der Linse entsprechende zu sein.

2. Beim Accommodationsact rückt der Scheitel der Vorderfläche nach vorn.

3. Der Scheitel der Hinterfläche verändert seinen Ort nicht wesentlich.

4. Der Krümmungsradius der Vorderfläche wird kleiner.

5. Derjenige der Hinterfläche verkürzt sich nur in sehr geringem Grade.

6. Der Druck in der Vorderkammer nimmt bei der Accommodation nicht zu. Daraus folgt, dass die Linse *in toto* nicht vorrückt.

Der Ciliarmuskel.

Im Ciliarmuskel sind ihrer Wirkung nach drei Fasergruppen zu unterscheiden:

I. die äusseren Meridionalfasern,
II. die inneren Meridionalfasern,
III. die Kreisfasern.

Die beiden ersten Gruppen unterscheiden sich durch ihren vorderen Ansatz. Nach hinten gehen sämmtliche Meridionalfasern in Sehnenfasern

über, welche eine Reihe feiner, an elastischen Fasern reicher, unter sich zusammenhängender Lamellen in der Lamina suprachorioidea und fusca bilden. Wenn es auch nicht gelingt, eine einzelne dieser Lamellen um den ganzen Bulbus herum zu verfolgen, so zeigt am Opticus doch die äussere Schicht der Chorioidea Fasern von genau demselben Aussehen wie es die Sehnenfasern am hinteren Ende des Ciliarmuskels haben.

Die innere Sehnervenscheide sendet an der Stelle, wo sich ein Theil ihrer Fasern in die Sklera umbiegt einen Fortsatz aus, welcher die Nervenfasern des Opticus durch die Dicke der Chorioidea begleitet und in der Höhe der Retina endigt. Wir wollen diesen Fortsatz den Scheidenfortsatz und den Ring in welchem derselbe abschliesst, den inneren Skleralring nennen. An den Scheidenfortsatz setzt sich die Chorioidea an und mit seinen bindegewebigen Strängen verflechten sich die Sehnenfasern der Suprachorioidea. Die Sehnenfasern sind im hinteren Abschnitt des Bulbus zum Theil zwischen die inneren Fasern der Sklera gedrängt. Soweit die Pigmentirung der Sklera reicht, sind ihr Ciliarmuskelsehnenfasern beigemischt.

Während die beiden Gruppen der Meridionalfasern einen gemeinsamen festen hinteren Ansatz am Opticus haben, entspringen vorn die äusseren von der Wand des Schlemm'schen Canals, die inneren mit Köpfchen längs der Ausbuchtung der vorderen Kammer, längs der Iriswurzel und im inneren Ciliarkörperwinkel. Der vordere Ansatz ist daher bei den äusseren Meridionalfasern ebenfalls ein relativ fester, für die inneren dagegen ein relativ beweglicher. Was die Wirkung betrifft, so werden beide Faserarten einen concentrischen Druck auf den Glaskörper ausüben, die äusseren ausserdem die Chorioidea nach vorn, die inneren den inneren Ciliarkörperwinkel, die Iriswurzel u. s. w. nach hinten ziehen.

Das Nähere über die Wirkungsweise der einzelnen Muskelgruppen wird sich später ergeben. Hier sei nur noch gesagt, dass der Zug der äusseren nach vorn, der inneren nach hinten sich wahrscheinlich zum grossen Theil aufhebt, so dass nur die Compression des Glaskörpers zur Wirkung kommt.

Der Ringmuskel zieht einfach allseitig die inneren Ciliarkörperwinkel senkrecht gegen die Augenaxe. Wahrscheinlich verbindet sich mit diesem Zuge ein Rest der nicht ganz aufgehobenen Wirkung der inneren Meridionalfasern, so dass eine Bewegung der inneren Ciliarkörperwinkel nach innen und ein wenig nach hinten das Schlussergebniss ist.

Die Zonula.

Gewöhnlich ist nur von der Zonula im Ganzen die Rede als einem einzigen Bande, welches senkrecht zur Augenaxe vom Ciliarkörper nach der Linse verläuft und sich erst unmittelbar am Aequator derselben auf die

Vorder- und Hinterfläche vertheilt. Man muss jedoch zwei verschiedene Stränge unterscheiden, deren Spannungsverhältnisse auch beim Accommodationsact ganz verschieden sind.

Die Zonulafasern laufen schon unmittelbar hinter den vorderen Ciliarfortsätzen in zwei Strängen auseinander, von welchen der eine, stärkere, im Bogen über den Ciliarfortsatz weg zur vorderen Linsenkapsel verläuft, während der hintere, bedeutend schwächere, von demselben Punkte seinen Weg gerade zur hinteren Kapsel nimmt. Der Zonularraum hat auf dem Querschnitt eine dreieckige Gestalt. Die Basis ist ein Stück Kapsel vor und hinter dem Aequator von $1 \cdot 8^{\text{mm}}$ Ausdehnung, die Spitze liegt etwas hinter den vorderen Ciliarfortsätzen, die Seiten bilden der vordere und der hintere Zonulafaserstrang, welchem letzteren die Hyaloidea propria dicht anliegt. Die Ansätze auf der vorderen Kapsel sowohl wie auf der hinteren halten eine ziemlich genaue Richtung ein, so dass die Punkte, in welchen die einzelnen Zonulafasern pinselförmig ausstrahlen, in einer Linie liegen. Diese Ansatzlinien bilden auf der vorderen und auf der hinteren Kapsel einen Kreis, welcher $0 \cdot 8$ bis $1 \cdot 0^{\text{mm}}$ vom Aequator der Linsenkapsel entfernt bleibt. Die vordere Ansatzlinie liegt dem Aequator etwas näher als die hintere. Auf der hinteren Kapsel fällt der Kreis mit der Epithelgrenze zusammen. Die pinsel- oder handschuhförmigen Endigungen streichen langgestreckt über die vordere und hintere Kapsel und verschmelzen allmählich mit derselben. Von den Punkten an, wo sie ausfasern, haften sie auf der Kapsel. Ausser den vorderen und hinteren Zonulafasern giebt es noch eine dritte mittlere Faserart, welche viel spärlicher vertreten ist. Auf Querschnitten habe ich sie seltener zu Gesicht bekommen, weil sie einzeln liegen, dagegen sieht man sie stets auf Flächenpraeparaten der Linsenkapsel. Ihre Ansätze halten ebenfalls genaue Richtung. Die Ansatzlinie liegt dicht hinter dem Aequator und nimmt fast genau die Mitte zwischen den Ansätzen der vorderen und hinteren Zonulafasern ein. Die Art des Ansatzes ist ganz verschieden von derjenigen der anderen Fasern. Sie inseriren in der Kapsel, gewissermaassen wie Baumwurzeln in die Erde eingreifen. Von den Wurzelästen gehen dann feine Fäserchen aus, die über die Kapsel fortstreichen und allmählich mit derselben verschmelzen. Bei den Aequatorialfasern laufen die Fäserchen sowohl nach vorn wie nach hinten, nicht wie bei den übrigen nur in einer Richtung. Die Zwischenräume zwischen diesen drei Linien sind ganz frei von Ansätzen. Der Zonularaum ist nach hinten gegen den Glaskörper durch die Hyaloidea, welche der hinteren Zonula anliegt, abgeschlossen, nach vorn steht er zwischen den Fasern der vorderen Zonula hindurch mit dem Raum zwischen Linse und Iris, sowie mit der vorderen Kammer in Verbindung. Der vordere Zonulastrang zeigt in Folge Gegendruckes der Ciliarfortsätze eine nach vorn

concave Krümmung. Man sieht, das Linsensystem würde weiter nach vorn rücken, wenn die Ciliarfortsätze durch ihr Entgegenstemmen dasselbe nicht zurückhielten. Von dem Punkte hinter den vorderen Ciliarfortsätzen, wo die Zonulastränge auseinanderlaufen, an bis zum Ansatz auf der Linsenkapsel misst der vordere 1·8 mm, der hintere 1·5 mm. Die Ansatzlinie der mittleren Zonulafasern liegt 1·0 mm hinter derjenigen der vorderen und 0·8 bis 0·9 mm vor der der hinteren Zonulafasern. Der Aequator verläuft dicht vor der Ansatzlinie der mittleren Zonulafasern.

Der Glaskörper.

Denken wir uns den hinteren Augenabschnitt durch einen Schnitt in der Höhe des Kranzes der inneren Ciliarkörperwinkel (*A A*, der Fig. 1 Taf. III) abgetrennt und mit Glaskörper gefüllt, aufrecht hingestellt. Nach oben (vorn) ist der Glaskörper abgeschlossen durch die Hyaloidea.[1] Wird jetzt die Linse mit den nichtgespannten beiden Zonulablättern, in der Mitte ergänzt durch die entsprechenden Kapselstücke, auf die mit der Hyaloidea bedeckte Glaskörperoberfläche gelegt, so behält die Linse zunächst ihre dickere Form. Befestigen wir das vordere Zonulablatt an dem einen inneren Ciliarkörperwinkel *A*, und spannen dasselbe an, indem wir es über den anderen inneren Ciliarkörperwinkel *A* fortziehen, so wird die Linse in den Glaskörper hineingedrückt werden, und gleichzeitig der letztere an den Seiten nach vorn quellend (*q q* der Fig. 1) die Hyaloidea und das darauf liegende noch nicht gespannte hintere Zonulablatt nach vorn vorbauchen.

Wir steigern die Spannung so lange, bis das hintere Zonulablatt den freien Theilen des vorderen anliegt. Dann wird das vordere Zonulablatt auch in *A* festgemacht. Es sei in diesem Augenblicke *A a C a A*, die Lage der vorderen Zonula und Kapsel, *A E A*, (gestrichelte Linie) die Lage der hinteren Zonula und Kapsel, *E* der Ort des hinteren Linsenpoles: Stellung Iα.

Jetzt spannen wir das hintere Zonulablatt *A E A*, an. Dadurch wird der Glaskörper aus den Räumen *q q* verdrängt und der ganze so gesteigerte Glaskörperdruck der Hinterfläche der Linse *E* aufgelagert, so dass der hintere Pol nach vorn rücken und die Linse sich abflachen muss. Wird die hintere Zonula so lange angezogen bis die Axe der Linse 3·7 mm beträgt, so haben wir die Einstellung für die Ferne. Es sei *A a C a A*, die Lage der vorderen Zonula und Kapsel, *A D A*, diejenige der hinteren: Stellung Iβ. Es wird auch das hintere Zonulablatt in *A A*, fixirt.

---

[1] Ueber die in neuerer Zeit bezweifelte Existenz dieser zwar zarten aber geschmeidigen Haut vergl. *Archiv für Ophthalmologie*. Bd. XXXIII. Hft. 2. S. 1.

Unter Beibehaltung der nun vorhandenen Längen der Zonulablätter werde jetzt der Ring der inneren Ciliarkörperwinkel verengert, so dass die Punkte $A\,A_1$ nach $B\,B_1$ gelangen. Die anliegenden Wände der hinteren Kammer müssen sich natürlich ebenfalls der Verengerung anschliessen. Dabei steigt der Druck. Da das vordere Blatt Spielraum bekommt, so rückt die Linse nach vorn, so dass die vordere Zonula und Kapsel statt des Bogens $A\,a\,C\,a\,A_1$ jetzt den gleichgrossen (11·4 mm) $B\,b\,F\,b\,B_1$ bilden. Wegen des verengerten Raumes ist dieser Bogen straffer gespannt als der erstere, die vordere Zonula also nicht erschlafft. Die Spannung der hinteren Zonula $A\,D\,A_1$ lässt nach, da die Entfernung $B\,B_1$ kleiner ist, der Glaskörper dringt wieder in die Räume $q\,q_1$ die Hinterfläche der Linse wird relativ entlastet und die Linse kann wieder die ihr eigene Form mit der Axe FD ($= CE$) annehmen. Diese Stellung IIα: vordere Zonula und Kapsel bei $B\,b\,F\,b\,B_1$ (punktirt) hintere Zonula und Kapsel bei $B\,D\,B_1$ (punktirt) ist diejenige des accommodirten Auges.

Die Accommodation besteht also im Uebergang aus Stellung Iβ in Stellung IIα.

Zur Erläuterung der Verhältnisse sei noch einer vierten Stellung, IIβ, gedacht, welche die übrigen ergänzt. Ziehen wir in der Stellung IIα das hintere Zonulablatt $B\,D\,B_1$ (punktirt) an, so wird der Glaskörper wieder aus den Räumen $q\,q$ verdrängt und der ganze Druck auf's Neue der Hinterfläche der Linse aufgelagert. Demgemäss plattet sich die Linse ab, die Hinterfläche rückt nach vorn von D nach G, und die hintere Zonula und Kapsel nach $B\,G\,B_1$ (nicht gezeichnet.) Stellung IIβ.

Bei der Einstellung für die Ferne sind beide Zonulablätter straff gespannt, das hintere hat ausser den beiden Punkten $A\,A_1$ noch den hinteren Linsenpol als Stützpunkt. Der ganze Glaskörperdruck lastet daher auf der Hinterfläche der Linse und plattet die letztere ab. Bei der Einstellung für die Nähe erhöht die Verengerung des Ciliarkörperringes den Druck im Glaskörper, da der Raum, welcher von der Chorioidea und dem vorderen Zonulablatt umschlossen wird, sich verkleinert; zugleich erlaubt die Verengerung jenes Ringes, welcher der hintere Ansatz des vorderen Zonulablattes ist, ein Vortreten der Linse. Die Spannung des vorderen Zonulablattes ist grösser als bei der Einstellung für die Ferne, denn bei gleichbleibendem Inhalt ist der Glaskörperraum verkleinert worden. In Folge Annäherung der Ansatzpunkte erschlafft das hintere Zonulablatt gänzlich, der Glaskörper kann sich in die Räume zur Seite der Linse ergiessen und die Hinterfläche der Linse wird relativ entlastet. Zonula und Kapsel gehen aus der Einstellung für die Ferne $A\,C\,A_1\,D$ (ausgezogene Linien) Iβ in diejenige für die Nähe $B\,F\,B_1\,D$ (punktirte Linien) IIα über, sobald sich die inneren Ciliarkörperwinkel von $A\,A_1$ nach $B\,B_1$ bewegen.

Die Verengerung des Glaskörperraums theilt demselben das Streben mit

den verlorenen Raum durch Ausdehnung nach vorn wieder zu gewinnen und das Linsensystem nach vorn zu drängen. Das Linsensystem rückt aber *in toto* nicht nach vorn und es ist die hauptsächliche Leistung der inneren Meridionalfasern, dass die inneren Ciliarkörperwinkel nicht nur ihren Platz behaupten, sondern wahrscheinlich sogar ein wenig nach rückwärts gezogen werden.

Das Modell des Accommodationsmechanismus.

Das vorliegende Modell soll im Gegensatz zu den bisherigen die Rolle des Glaskörpers bei dem Accommodationsmechanismus berücksichtigen. Ein Messingband $M O M_{,}$ von 2 cm Höhe stellt die Augenwandung und zugleich die Chorioidea dar. Der centrifugale Druck, welchen der Glaskörper auf die Wandung ausübt, wird versinnlicht durch die Feder $N O N_{,}$, deren Enden auf Rollen laufen. Das Messingband geht vorn durch zwei Klötzchen, welche die Ciliarkörper bedeuten, verschiebbar hindurch. Die vorderen inneren Ecken $A A_{,}$ sind die inneren Ciliarkörperwinkel. Das vordere Zonulablatt ist in A befestigt, läuft bei $A_{,}$ über eine Rolle und kann mit Hülfe einer Schraube $i_{,}$ verlängert oder verkürzt werden. Für das hintere Zonulablatt ist die Einrichtung umgekehrt. Die Spannung desselben regelt die Schraube i. Sind die Zonulablätter angezogen, so verdanken sie ihre Spannung der, den Glaskörperdruck versinnlichenden, Feder $N O N_{,}$. Das Linsensystem ruht auf dem Glaskörper wie auf einem Wasserkissen. In dem Modell ist dieses elastische Glaskörperlager durch folgende Einrichtung nachgebildet. Eine Mittelplatte, welche durch eine Führung Q in ihrer Lage gehalten wird, lehnt sich gegen die Hinterfläche der Linse. Mit dieser Mittelplatte stehen durch Hespen zwei Seitenplatten in Verbindung, welche ihr anderes Ende mittelst eines Fusses auf die hinteren Zonulastränge zu beiden Seiten der Linse, in der Mitte der freien Strecke stützen. Zwei federnde Streben haben ihre hinteren Endpunkte $t t_{,}$ wendbar auf dem Messingbande, ihre vorderen $v v_{,}$ ebenfalls wendbar auf den Seitenplatten. Die in den Streben enthaltenen Federn drängen die Endpunkte auseinander. Der in v und $v_{,}$ ausgeübte Druck vertheilt sich jedesmal auf die Mittelplatte und die Hinterfläche der Linse einerseits und auf die hinteren Zonulastränge andererseits.

Das Modell hat zehnmalige Vergrösserung. In der Zeichnung sind die Ciliarkörper und die drei Muskelgruppen in stärkerer Vergrösserung angedeutet und mit I, II, III bezeichnet. Die Zugwirkung wird durch Pfeile angegeben. Am Modell sind die äusseren Meridionalfasern I, welche vom Can. Schlemmii entspringen, durch Schienen versinnlicht, welche verkürzt werden, indem man mit den Daumen die Handhaben $Z Z_{,}$, mit den Zeige-

fingern die Stifte $SS_{,}$ fasst und die letzteren den ersteren nähert. Dann springen Federn ein und halten die Schienen fest. Wirkung der Verkürzung ist concentrischer Druck auf den Glaskörper und Vorwärtsziehen der Chorioidea. Der Lage und Zugrichtung der inneren Meridionalfasern II entspricht das Messingband $MOM_{,}$ selbst. Die inneren Meridionalfasern ziehen ihren vorderen, relativ beweglichen Ansatzpunkt nach hinten. Am Modell lässt sich diese Wirkung wiedergeben durch Verschieben der Klötze, welche den Ciliarkörpern entsprechen, nach hinten gegen die Stifte $SS_{,}$ hin. Zwei einspringende Schleiffedern, $RR_{,}$, halten dann die Ciliarkörper in der neuen Lage. Es bleiben noch die Ringfasern III und ihre Thätigkeit. Dieselbe besteht darin, dass die inneren Ciliarkörperwinkel $AA_{,}$ einander genähert werden. Unter $AA_{,}$ fort läuft eine Schiene, auf welcher Stifte befestigt sind, die durch A und $A_{,}$ gehen, so dass diese Stifte Axen sind, um welche die Klötze sich drehen können. Die Schiene lässt sich in sich zusammenschieben, wobei die Punkte $AA_{,}$ um 1 bis $1\,{}^1/_2$ cm einander genähert werden. Ist diese, dem contrahirten Zustande der Ringfasern entsprechende Stellung erreicht, so schnappt eine Feder ein und hält die Schienen fest.

Die Einstellung des Linsensystems für die Nähe wird erlangt, indem man die drei Muskelgruppen nacheinander spielen lässt. Zuerst verkürzt man die äusseren Meridionalfasern beiderseits etwa um 1 cm durch Vorwärtsziehen von $SS_{,}$, dann verkürzt man die inneren Meridionalfasern ebenfalls um 1 cm und schiebt die Ciliarkörper zurück bis $SS_{,}$. Das Verhältniss der Kraftäusserungen beider Gruppen lässt sich am Modell beliebig gestalten. Genaue Kenntniss über dasselbe besitzen wir nicht; wahrscheinlich ist es aber, dass der freie Ciliarkörperrand eher etwas nach hinten als nach vorn bewegt wird, weil der Druck in der vorderen Kammer nicht steigt, die Linse *in toto* also nicht nach vorn rückt.

Das bisherige Resultat der vorgenommenen Bewegungen am Modell ist, dass die inneren Ciliarkörperwinkel im Wesentlichen noch ihren Platz behaupten, dass aber der Druck im Glaskörper gestiegen ist. Diese Druckerhöhung tritt im Modell durch Zusammenschieben und Spannungserhöhung der Federn in den Streben $TT_{,}$ zu Tage. Es lastet jetzt ein höherer Druck auf der Hinterfläche des Linsensystems. Im Leben steht die Druckerhöhung im Glaskörper in solchem Verhältniss zu der aus den Zugwirkungen der Meridionalfasern resultirenden Ortsveränderung der inneren Ciliarkörperwinkel, dass der hintere Linsenpol seinen Platz nicht erheblich verändert. Am Modell ist das ebenfalls zu erreichen versucht. Die Spannung des vorderen Zonulablattes hat entsprechend dem höheren Glaskörperdruck zugenommen.

Der dritte Act, die Contraction der Ringfasern, lässt die inneren

Ciliarkörperwinkel einen leichten Bogen beschreiben, nähert sie einander und bringt sie nach $B B_{,}$. Diese Bewegung verengert noch einmal den Raum und steigert demgemäss den Druck. Die vordere Zonula nimmt jetzt statt des Bogens $A C A_{,}$ den gleich grossen $B F B_{,}$ ein, bleibt aber gespannt.

Durch Verkürzung der Entfernung $A A_{,}$ auf $B B_{,}$ wird die hintere Zonula erschlafft, der Glaskörper kann, die Hyaloidea und die Zonula vor sich her drängend, die Räume zur Seite der Linse ausfüllen. Der Druck auf die Hinterfläche der Linse vermindert sich relativ und die Linse selbst kann wieder ihre eigene Form annehmen. Während der Einstellung für die Ferne wurde die Linse zwischen den beiden gespannten Zonulablättern plattgedrückt. Bei der Einstellung für die Nähe ist sie in Folge der Erschlaffung des hinteren Zonulablattes allseitig von gleichem Druck umgeben und wird daher durch denselben nicht in ihrer Gestalt beeinflusst. An dem Modell kommen diese Verhältnisse auf folgende Weise zum Ausdruck. Die Annäherung der Ciliarkörperwinkel bewirkt mittels Einwärtsbewegung der Punkte $t t_{,}$ ein stärkeres Zusammenpressen der Federn in den Streben und einen erhöhten Druck in v und $v_{,}$ entsprechend dem gesteigerten Glaskörperdruck. Wie aber der Druck auf der Hinterfläche der Linse relativ wieder vermindert wurde, weil die Entspannung des hinteren Zonulablattes dem Glaskörper die Seitenräume neben der Linse öffnete, so überträgt sich im Modell der in $v v_{,}$ wirkende Druck nicht voll auf den hinteren Linsenpol, weil die auf der hinteren Zonula fussenden Hebelenden dem schlaff werdenden hinteren Zonulastrange folgen können. Das Vortreten der Enden $W W_{,}$ in die Seitenräume bedeutet also das Abfliessen des Glaskörpers in dieselben. Gleichzeitig tritt dabei auch mechanisch die relative Entlastung des hinteren Poles in die Erscheinung.

Da innere und äussere Meridionalmuskelfasern sich hinsichtlich der Bewegung der Punkte $A A_{,}$ nahezu aufheben, so genügt, wenn es sich einfach um Demonstration der thatsächlichen Veränderungen handelt, die Ausführung der den Ringmuskelfasern entsprechenden Bewegung allein.

Maassverhältnisse der Verschiebungen.

Ohne den Modellcharakter des Apparates aus dem Auge zu verlieren, ist es, besonders da schwerlich so bald experimentelle Ergebnisse über den Accommodationsmechanismus zu erreichen sein werden,[1] nicht ohne Interesse zu fragen, welchen Betrag die Verschiebungen haben müssen und zwar namentlich, wie gross die Annäherung der Punkte $A A_{,}$ sein muss, um die richtige

[1] Weil die Thieraugen vom menschlichen abweichen.

Formveränderung der Linse zu erhalten. Für die Meridionalmuskelfaserbewegungen ist nur das Verhältniss zwischen beiden maassgebend. Es ist festzuhalten, dass der freie Rand des Ciliarkörpers eher rückwärts als vorwärts sich bewegt. Bezüglich der Annäherung der inneren Ciliarkörperwinkel stellt sich heraus, dass am Modell eine Annäherung etwa um denselben Betrag nöthig ist, um welchen sich die Linsenaxe verlängern soll; es muss $AA_{,} - BB_{,} = FD - CD = FC$ sein. Da nun die Verlängerung der Linsenaxe im Leben höchstens $4 \cdot 1 - 3 \cdot 7 = 0 \cdot 4^{mm}$ beträgt, so würde die Strecke AB oder $A_{,}B_{,}$ nur $0 \cdot 2^{mm}$ betragen. Auf das lebende Auge angewendet, und ich sehe keinen sachlichen Grund, weshalb dies nicht wenigstens annähernd thunlich sein sollte, handelt es sich um eine so geringe Verschiebung der Ciliarfortsätze, dass die contradictorischen Ergebnisse der beiden auf die directe Messung gerichteten Arbeiten, bei der Schwierigkeit, welche diese Messung an und für sich hat, kein Wunder nehmen können. Die Schwierigkeit solcher Messungen wird nicht geringer durch den Umstand, dass die Entfernung der Ciliarfortsätze vom Linsenaequator bei der Accommodation sich nicht vermindert, dass also $Bb = Aa$ bleibt. Von der Messung der Lage dieser Punkte zu einander kann man gar keinen Aufschluss über die Bewegungen der Ciliarfortsätze erwarten.

Der Druck im Glaskörper.

Kehren wir noch einmal zum Glaskörperdruck zurück. Derselbe steht in einer bestimmten Abhängigkeit vom Blutdruck. Bei der Einstellung des Auges für die Ferne herrscht ein Gleichgewichtszustand zwischen Zu- und Abfluss des Blutes. Die Accommodation verengert den Glaskörperraum und erhöht den Druck in demselben. Es wird jetzt eine Steigerung des Abflusses eintreten, man darf aber nicht vergessen, dass diese Steigerung nur secundär und Folge der Druckerhöhung ist und eine gewisse Zeit verstreichen muss, bis die Wirkung des gesteigerten Abflusses der Druckerhöhung gegenüber zur Geltung kommt.

Die Frage ist berechtigt, zu welchem Zweck Muskelfasern vorhanden sind, welche wie die äusseren Meridionalfasern, soweit ersichtlich, keine andere Wirkung haben können, als eine Erhöhung des Druckes im Glaskörperraum. Die inneren Meridionalfasern verhüten, dass die inneren Ciliarkörperwinkel nach vorn gedrängt werden. Die Erklärung scheint zu sein, dass erstens bei der Einstellung für die Nähe der Elasticität der Linse nicht allein die Arbeit überlassen werden konnte, die Zonula und den, dann ohne Bewegungsimpuls und nur mit Inertia behaftet zu denkenden, Glaskörper zu den nöthigen Lageveränderungen zu bringen. Der jetzt vorhandene Druck treibt den Glaskörper sofort in die Seitenräume hinein, bringt

die vordere Zonula zu der stärker convexen Rundung und drückt die Linse dagegen. Auch so geht die Einstellung für die Ferne noch viel schneller als diejenige für die Nähe vor sich. Zweitens ist ein Tonus in den äusseren Meridionalfasern anzunehmen.[1] Dadurch erhält der Glaskörperraum eine elastische Wandung; der Pulsstoss der Centralarterie wird leicht ausgeglichen und der Glaskörperdruck lastet nicht ganz auf der Sklera.

Die Aenderung der Krümmung des vorderen Zonulablattes bei der Einstellung für die Nähe kann die Formveränderung der Linse unmittelbar unterstützen. Sie wäre sogar im Stande dieselbe allein zu bewirken.

Während der Einstellung für die Ferne hat das vordere Zonulablatt die Lage ACA, (Fig. 2 Taf. III.) Die Krümmung ist nahezu identisch mit der Krümmung der Vorderfläche der Linse. (Die wirkliche Lage der vorderen Zonulastränge und der Ränder der Linse ist gestrichelt.) Soll nun bei der Accommodation die Vorderfläche der Linse um 0·4 ^{mm} vorrücken und einen Krümmungsradius von 6 ^{mm} annehmen, so muss das vordere Zonulablatt den Bogen BFB, bilden, dessen Peripherie gleich gross (11·4 ^{mm}) dem Bogen ACA, ist. Die Zonulastränge und die Ränder der Linse sind punktirt.) Die Linse wird beide Male fest gegen das vordere Zonulablatt angedrückt, ein Mal, in Folge der Spannung des hinteren Zonulablattes, abgeflacht, das andere Mal liegt der Hinterfläche der Linse die hintere Zonula schlaff an, der Glaskörper drückt allseitig auf die Linse, ohne einen Einfluss auf deren Form zu haben. Dagegen muss die Linse sich der Krümmung des vorderen Zonulabogens anpassen. Tritt nun ausserdem noch die eigene Elasticität der Linse fördernd hinzu, so braucht die Bewegung der Punkte AA, nach BB, nicht so ausgiebig zu sein, wie sie die Voraussetzungen der Fig. 2 fordern.

Die vorliegende Darstellung des Accommodationsvorganges erhält wichtige Ergänzung auf pathologischem Gebiete, da bei Augen, welche längere Zeit einer Accommodationsüberanstrengung ausgesetzt gewesen sind, mechanische Veränderungen an beiden Enden des accommodativen Faserstranges: vordere und mittlere Zonulafasern, Sehnenfaserschicht der Chorioidea, Sehnervenscheide auftreten. Und zwar findet sich, entsprechend den Ansätzen der vorderen und mittleren Zonulafasern auf der Linsenkapsel, Faltenbildung der Kapsel mit nachfolgender Wucherung des Epithels unter Betheiligung der Corticalis, so dass hierin das wesentliche aetio-

---

[1] Diese Fasern sind auch in den verhältnissmässig accommodationslosen Thieraugen vorhanden, während die beiden anderen Arten fehlen.

logische Moment für die Entstehung des zuerst mit aequatorialen Trübungen beginnenden grauen Staars aufgefunden ist. Am Opticus dagegen stellt sich Ausbuchtung der Scheiden ein und mehr oder weniger bedeutende Excavation des Sehnerven. Diese bisher als physiologisch angesehene Excavation muss auf Rechnung der Accommodationsanstrengung geschrieben werden. Die höchste Stufe der accommodativen Excavation, von derselben also nur quantitativ, nicht qualitativ verschieden, ist das Glaukoma simplex.

In etwas anderer Art dürfte sich der acute grüne Staar ebenfalls als Folge der Accommodationsüberanstrengung ausweisen. Während für gewöhnlich mit zunehmendem Alter die Accommodationsmuskeln gleichzeitig ihren Dienst versagen, so dass sich dann nur das Bedürfniss nach einer Brille dringend fühlbar macht, kann es vorkommen, dass zuerst die inneren Meridionalfasern insufficient werden, bei noch erhaltener Thätigkeit der übrigen, und die inneren Ciliarkörperwinkel nicht mehr zurück halten können. Das Vorrücken der letzteren und mit ihnen des ganzen Linsensystems muss aber nothwendig sämmtliche Erscheinungen des acuten Glaukoms hervorrufen. Den acuten Glaukomanfall zeigt das Modell, wenn man zunächst sämmtliche drei Einstellungen für die Nähe vornimmt und dann die Federn $R R_1$ der inneren Meridionalfasern aushebt. Es schiesst sofort das Linsensystem vorwärts.

(Der Preis des Modells ist 40 Mk., der Verfertiger O. H. Meder, Leipzig, Markt.)

Erklärung der Abbildungen.

(Taf. III und IV.)

Taf. III.

Fig. 1. Schematische Darstellung des Accommodationsvorganges. I. Einstellung für die Ferne. II. Einstellung für die Nähe. (5 fache Vergrösserung.)

Fig. 2. Krümmungsverhältnisse des vorderen Zonulablattes und der vorderen Linsenfläche bei Einstellung für Nähe und Ferne. 5 malige Vergrösserung unter Wahrung der wirklichen Verhältnisse.

Fig. 3. Geometrische, **Fig. 4** perspectivische Abbildung des Modells. Erklärung im Text.

Taf. IV.

Figg. 1 und 2. Vorderer und hinterer Zonulafaserstrang. Nach vorn concave Krümmung des ersteren. Die beiden Stränge laufen schon hinter den Ciliarfortsätzen auseinander. (40fache Vergrösserung.) (Meridionalschnitte.)

Fig. 3. Uebergang der Ciliarmuskelfasern in Sehnenfasern, welche die Grenzschicht zwischen Chorioidea und Sklera bilden. (Meridionalschnitt.)

Fig. 4. Ansatz dieser Sehnenfasern an die Opticusscheide. (Meridionalschnitt.)

Fig. 5. Stärkere Vergrösserung der vorigen Abbildung. *b* eine einzelne Faser mit darauf liegenden Pigmentzellen. (Meridionalschnitt.)

Fig. 6. Ansatz der Zonulafasern auf der Linsenkapsel. Vordere *vz*, mittlere *mz*, hintere *hz*. Zonulafasern; *eg*. Epithelgrenze, *Aeq*. Lage des Linsenaequators. Flächenpraeparat.

Fig. 7. Flächenansicht eines Sehnenstückchens. Häutchen mit meridional gerichteten Fasern und structurloser Zwischensubstanz. Längliche Sehnenkörperchen und Pigmentzellen auf demselben.

Fig. 8. Dasselbe aus unmittelbarer Nähe des Opticus.

Studien über die Innervation der Athembewegungen.

Von

O. Langendorff
in Königsberg.

Siebente Mittheilung.

Einige neuere Untersuchungen über den Sitz des Athmungscentrums.

Im Begriff, ältere Versuche über den Sitz und die Natur des Athmungscentrums wiederaufzunehmen, halte ich es für zweckmässig, die wichtigsten der in den letzten Jahren erschienenen, denselben Gegenstand behandelnden Arbeiten einer kritischen Musterung zu unterwerfen. Ich benutze zugleich diese Gelegenheit, um meine eigenen früheren Ausführungen in einigen Punkten zu ergänzen. Neues Versuchsmaterial hoffe ich später beibringen zu können.

Meine Untersuchungen (1) hatten erstens darzuthun gesucht, dass spinale Athmungscentren existiren, d. h. dass den Rückenmarksursprüngen der Athemnerven die Eigenschaft von Centralorganen für die von jenen Nerven beherrschten Bewegungen zukommt. Den Beweis dafür sah ich darin, dass bei enthaupteten oder des Hirns sammt dem Kopfmark beraubten Thieren oder bei solchen, bei denen die Oblongata vom Halsmark durch einen Schnitt getrennt war, 1. auf reflectorischem Wege, durch Reizung centripetaler Spinalnerven, noch Athmungen erzielt werden können, 2. spontane Athembewegungen zur Beobachtung kommen, wenn man entweder an neugeborenen oder wenige Tage alten Thieren experimentirt, oder wenn man die Leistungsfähigkeit des Spinalmarkes durch kleine Strychnindosen erhöht — Versuchsweisen, wie sie schon vor mir theils von Brown-Séquard u. A., theils von Stricker's Schüler v. Rokitansky mit ähn-

lichem Erfolge geübt worden waren. Ab und zu hatte ich auch an erwachsenen und unvergifteten Thieren (Kaninchen) einzelne Spontanathmungen auftreten sehen.

Angeregt durch diese Befunde hatte ich zweitens den Nachweis unternommen, dass die für die Existenz des seit Legallois und Flourens in das Kopfmark verlegten Athmungscentrums angeführten Gründe nicht beweiskräftig seien. Beruhte doch der Beweis dafür in erster Linie auf dem Satze, dass Zerstörung oder Fortnahme des verlängerten Markes unausbleiblich und für immer die Athembewegungen vernichte. Mit dem Nachweis spinaler Athembewegungen, d. h. von Athmungen oblongataloser Thiere, war der wichtigste Grundpfeiler der seither gültigen Anschauung erschüttert. Nicht einmal für die Athmungscoordination war das Kopfmark nothwendig, denn nach dessen Vernichtung waren sogar coordinirte Athembewegungen beobachtet worden. So gelangte ich zu dem Satze, dass das Athemcentrum des verlängerten Markes, dass überhaupt ein einheitliches Athmungscentrum im Sinne von Flourens gar nicht existire. Freilich erwuchs damit für mich die Nothwendigkeit, eine Erklärung zu geben für den doch zweifellos in der bei weitem grössten Mehrzahl der Fälle nach Entfernung des Kopfmarkes eintretenden absoluten und dauernden Athmungsstillstand. Durch die Annahme einer Shockwirkung, wie eine solche häufig am Centralnervensystem zur Beobachtung gelangt (ich erinnere an die bekannten Versuche von Goltz und von Brown-Séquard), sowie durch die naheliegende Annahme einer Reizung specifischer athmungshemmender Elemente,[1] die durch die centrale Endigung exspiratorischer Vagusfasern und durch deren intracentrale Verbindung mit dem Halsmark, sowie durch die aufsteigenden Trigeminuswurzeln repraesentirt sein konnten, schien mir diesem Verlangen Genüge gethan. Ich führte sodann den directen Beweis, dass elektrische oder chemische Reizung des verlängerten Markes unter gewissen Umständen geradezu einen athmungshemmenden Einfluss auszuüben vermag. Schon vorher war durch Gierke (2) gezeigt worden, dass derjenige Theil des Kopfmarkes, dessen mechanische Verletzung (Durchschneidung) die Athembewegungen aufhebt, nicht etwa aus grauer Substanz besteht, sondern ein wohl charakterisirtes Nervenbündel ist, das zwischen den Vagusursprüngen und dem Halsmark eine intracentrale Verbindung herzustellen scheint, und das schon von früheren Anatomen als „Respirationsbündel" bezeichnet worden war. In neuester Zeit hat Gierke (3) mitgetheilt, dass er in dem Bündel auch Ganglienzellen gefunden habe, — ein Befund, der

[1] Ueber die Zusammengehörigkeit und mögliche Identität von Shock und Reizung von Hemmungsbahnen s. u.

das lange Anhalten eines einmal geübten Reizes zur Genüge erklären würde, da es bekannt ist, dass Ganglienzellen vorübergehende Reizungen mit weit länger dauernder Erregung zu beantworten pflegen, wie einfache Nervenfasern.

Hatte ich auch die Existenz eines zusammenfassenden und führenden Athemcentrums im verlängerten Marke geleugnet, so war ich doch weit entfernt davon, die wichtige Rolle zu verkennen, die diesem Hirntheile für das Zustandekommen einer normalen und leistungsfähigen Athmung zukommt. Vielmehr verlegte ich in ihn einen regulatorischen Apparat, der die von den Spinalmarkcentren ausgesendeten Impulse in zweckmässiger Weise zeitlich vertheilt, der Tiefe und Frequenz der Athembewegungen modificirt. Diese Rolle musste dem Kopfmark zufallen, da in ihm die centralen Ursprünge der die Athmung beschleunigenden und verstärkenden, abschwächenden und verlangsamenden, anregenden und hemmenden Vagusfasern sich finden, und da zu ihm auch andere, die Respiration beeinflussende Nerven (z. B. N. trigeminus) in naher Beziehung stehen. Ausserdem war natürlich nicht zu vergessen, dass im oberen Kopfmark die Ursprünge der Kopfathmungsnerven, im unteren die der Kehlkopfnerven gelegen sind.

Die centrale Athmungsinnervation stellte ich mir demnach folgendermaassen vor: Der die Athemnerven in coordinirte Thätigkeit setzende Impuls geht von ihren im Rücken- und Kopfmark gelegenen Ursprungscentren aus. Den Complex dieser Centren, **der aber keine anatomische, nur eine physiologische Einheit ist,** kann man als das automatische Athemcentrum bezeichnen. Seine Thätigkeit wird modificirt durch im Kopfmark gelegene respiratorische Regulationscentren. Ferner sind auf dasselbe von Einfluss die centripetalen Impulse der Spinalnerven, die höheren Sinnesnerven (4) und der Wille.

Diese Anschauungen vertrete ich noch heute.[1] Bezüglich der oben gegebenen Deutung des nach Kopfmarkverletzung oder -zerstörung eintretenden Athmungsstillstandes hätte ich noch Einiges hinzuzufügen. Ich glaube nämlich, dass ausser der Hemmungswirkung, die durch eine solche Verletzung ausgeübt wird, auch der Fortfall gewisser Erregungen, die den Athmungscentren normaler Weise zuströmen, zum Zustandekommen dieses Stillstandes beitragen kann. Ich denke an die Anregungen, die von inspiratorisch wirkenden Vagusfasern einerseits, von den höheren Sinnesnerven

---

[1] In einer späteren Mittheilung werde ich mir angelegen sein lassen, einige der obigen Sätze specieller auszuführen und einige Consequenzen für die allgemeine Physiologie der Centralorgane zu ziehen. Dass für mich die Frage nach dem Sitz des Athemcentrums keine einfache Localisationsfrage ist, brauche ich wohl nicht besonders zu betonen.

andererseits ausgehen. Dass der Fortfall dieser Impulse aber nicht allein Schuld trägt an dem Athmungsstillstand, das zeigt die Thatsache, dass die Athmung, allerdings verlangsamt und auch sonst wesentlich verändert, nach Trennung der Oblongata vom Mittel- und Grosshirn und doppelseitiger Vagusdurchschneidung fortbestehen kann. Ferner möchte ich hervorheben, dass die Ernährungsstörung, die das Spinalmark durch die Verletzung (in Folge der Vasomotorenlähmung) erfahren muss, seine Wiedererholung vermuthlich sehr erschwert. Endlich muss ich bei langer Beobachtungsdauer, während deren die künstliche Athmung fortgesetzt wird, der Abkühlung des Versuchsthieres einen sehr ungünstigen Einfluss zuschreiben. Das Kaltblütigwerden des Säugethieres ist immer mit einer enormen Herabsetzung seiner centralen Nervenfunctionen verbunden.

Nachdem ich so meinen eigenen Standpunkt in dieser Frage kurz skizzirt habe, sei es mir gestattet, auf einige mit mehr oder weniger Glück experimentell begründete Einwände gegen meine Auffassung näher einzugehen. Im Gegensatze zu meinen und anderer Physiologen decentralisirenden Bestrebungen halten Viele, vielleicht die Meisten, fest an dem Schulbegriffe des einheitlichen coordinirenden Athmungscentrums, das *in nuce* alle die kleinen ihm untergebenen Segmentalcentren, die Ursprungscentren der Athemnerven, repraesentiren soll. Ich glaube, dass dieser Auffassung eines physiologischen Centrums ein langes Leben nicht mehr beschieden ist, und ich fürchte, dass es auch den Bemühungen Markwald's, eines der neuesten Bearbeiter dieses Gebietes, nicht gelungen ist, „den drohenden Ausschweifungen der Ansichten über Centra und centrale Functionen ein Ziel zu setzen“.[1]

Mehrfach sind die an oblongatalosen Thieren beobachteten Respirationserscheinungen zwar anerkannt, aber in einer von der meinigen principiell verschiedenen Weise gedeutet worden. Während meine Untersuchungen ausgingen von der von Legallois begründeten, von Goltz, Luchsinger u. A. durch wichtige Experimente gesicherten Anschauung über die centrale Bedeutung der Rückenmarksursprünge der Spinalnerven, und während ich diesen „Centren erster Ordnung“ eine Selbständigkeit zuschrieb, die selbst dann Geltung hatte, wenn neben ihnen und ihnen übergeordnet ein monarchisches Centrum in der Oblongata bestand, — schloss Rokitansky aus seinen Versuchen, das Athmungscentrum „reiche bis in's Rückenmark hinein“.

---

[1] S. dessen später angeführte Abhandlung S. 2.

Rosenthal (5) glaubte höchstens zugeben zu können, dass im Rückenmark „versprengte Theile“ des Athemcentrums vorkommen. Auch Krukenberg (6) huldigt einer ähnlichen Ansicht. Ich werde dieselbe niemals theilen, selbst wenn ich mich von der Existenz eines dominirenden Bulbärcentrums überzeugen könnte. Auch neben einem solchen blieben immer die spinalen Athmungscentra, als niedere und untergebene aber doch in sich einen gewissen Grad von Selbständigkeit behauptende Centralorgane bestehen. Wer Verwechselungen fürchtet, mag statt des Ausdruckes „spinale Athmungscentren“ die von Gad (7) vorgeschlagene Bezeichnung: „Athemmuskelcentren“ wählen, eine Bezeichnung die ich allerdings schon aus sprachlichen Gründen nicht billigen kann.

Um zu entscheiden, ob die der Fortnahme der Oblongata folgenden Erscheinungen Ausfallserscheinungen seien oder Hemmungswirkungen in dem oben gebrauchten Sinne, hat Fredericq (8) den Versuch gemacht, das Kopfmark reizlos und unblutig vom Rückenmark abzutrennen. Zu diesem Zwecke bediente er sich der localen Abkühlung. Ich selbst habe schon vor ihm, bald nach dem Erscheinen meiner ersten Mittheilung über die Athmungsinnervation, auf Anregung meines Freundes Professors Strasser (in Freiburg i. B.) ganz ähnliche Versuche unternommen, sie aber bald als aussichtslos verlassen. Ich kam nämlich bald zu der Ueberzeugung, dass von einer reizlosen Ablösung des verlängerten Markes hierbei nicht im Entferntesten die Rede sein kann. Fredericq hat sich der Versuche von Gad erinnert, welcher angab, dass man die Nn. vagi durch plötzliche Application hoher Kältegrade reizlos zu lähmen vermöge.

Aber welch ein Unterschied zwischen diesen dünnen Nervenfäden und dem dicken Strange des Kopfmarkes! Die Kälte muss hier allmählich in die Tiefe dringen, jede tiefe Schicht mitsammt ihren athmungshemmenden Elementen wird eine intensive Reizung erfahren haben, ehe sie dem Erfrierungstode anheimfällt, sei es, dass sie die langsame Kälteeinwirkung reizt, sei es, dass die darüber gelegenen gefrierenden Schichten durch ihre Volumzunahme sie mechanisch schädigen. Kein Wunder, dass die Athmung sich verlangsamt, bei stärkeren Einwirkungen zum Stillstande kommt.

In Bezug auf diesen Erfolg der localen Abkühlung stimmen meine Beobachtungen mit denen Fredericq's überein. Und ich habe nicht einmal, wie dieser, Eisstückchen oder zerstäubten Aether oder Kältemischungen auf die nackte oder nur von der Membrana obturatoria bedeckte Oblongata gebracht, sondern, um wenigstens die chemische Reizung auszuschliessen,

zwischen den Aetherstrom und das freigelegte Kopfmark ein dünnes Stanniolblättchen eingeschoben.

Es scheint mir unmöglich, in diesen Versuchen, bei denen Shock und athmungshemmende Reizung ebenso wenig, ja noch weniger ausgeschlossen erscheint, wie bei der gewöhnlichen blutigen Entfernung des verlängerten Markes, mit Fredericq eine Stütze für die Annahme einer respiratorischen Hegemonie des Kopfmarkes zu sehen.

Zu den zahlreichen Versuchen, das Athmungscentrum des verlängerten Markes specieller zu localisiren, hat kürzlich Mislawsky (9) einen neuen gefügt. Wem die Geschichte dieser Localisationsbestrebungen bekannt ist, wer da weiss, dass das genannte Centrum erst einfach, dann doppelt sein, erst einen stecknadelkopfgrossen, dann einen weit grösseren Raum einnehmen, erst mit dem Vagusursprung identisch, dann von ihm verschieden sein, erst in grauen Massen, dann in Faserzügen sitzen musste, der wird eine neue Offenbarung dieser Art nur mit Achselzucken aufnehmen können. In der That haben die darauf bezüglichen Angaben Mislawsky's alsbald eine Zurückweisung von sehr competenter Seite erfahren, von Seiten Gierke's (10) nämlich, der sich seit Jahren mit anatomischen Untersuchungen des Kopfmarkes beschäftigt hatte. Leider hat der Tod dieses Forschers die in Aussicht gestellte ausführliche Publication seiner Forschungen vereitelt.

Ich selbst würde Mislawsky's Mittheilung gar nicht zu erwähnen haben, wenn er nicht mit grosser Bestimmtheit in These 4 nicht nur die Möglichkeit automatischer Athmungen nach Abtragung der Oblongata (selbst bei Strychninvergiftung bei mehr als einmonatlichen Thieren) in Abrede stellte, sondern sogar das Vorkommen von Athmungsreflexen bei unvergifteten oblongatalosen Thieren leugnete.

Auf eine Widerlegung dieser Angaben kann ich mich freilich nicht einlassen; denn wo so fundamentale Abweichungen in objectiven Versuchsergebnissen bestehen, ist eine Verständigung nicht möglich. Da ich die Versuchsanordnung Mislawsky's nicht kenne, vermag ich nicht zu sagen, warum seine Versuchsbedingungen soviel ungünstiger gewesen sind, wie die meinen. Ich muss aber doch betonen, dass in solchen Dingen positive Erfolge sehr viel mehr beweisen, wie negative.

Dass Abtrennung des Kopfmarkes vom Halsmarke in der Regel die Athmung zum sofortigen und dauernden Stillstand bringt, ist eine Thatsache, die auch ich niemals bestritten habe. Bestreiten muss ich dagegen, dass das immer der Fall ist; denn ich habe sogar an erwachsenen und un-

vergifteten Thieren mehrfach noch spontane Spinalathmungen gesehen. Ich muss deshalb glauben, dass, wenn Knoll (11) in seinem sechsten Beitrag zur Lehre von der Athmungs-Innervation, der vom Athmungscentrum handelt, diese Möglichkeit vollständig bestreitet, die geringe Zahl der von ihm angestellten Versuche Schuld daran trägt; wenigstens zum Theil. Ausserdem nämlich ist bei einem Theil seiner zwölf Versuche dadurch eine nicht unwesentliche Complication gegeben, dass die totale Abtrennung nicht mit einem Male, sondern in mehreren Schnitten geschah. Nimmt man wie ich an, dass bei diesen Kopfmarkdurchschneidungen Reizungen und Shockwirkungen eine Rolle spielen, so wird man die in mehreren Absätzen erfolgende Verletzung, deren Hemmungswirkungen sich möglicherweise zu einander addiren, verwerfen müssen. Ich habe immer Werth darauf gelegt, dass die Abtrennung durch einen einzigen schnellen und scharfen Schnitt erfolge.

Partielle Durchschneidungen lassen nach Knoll's Mittheilung die Athmung zunächst, wenn auch verlangsamt, bestehen, selbst dann, wenn nur ein 1·5 bis 2^{mm} breiter Strang des Rückenmarkes stehen geblieben war. Leider giebt der Verfasser nicht an, ob in solchen Fällen die Athmung doppelseitig fortbestanden hat, oder ob sie einseitig stillstand. Ich habe nach halbseitiger Durchschneidung, ähnlich wie Schiff, Gierke u. A. die Athmung auf der verletzten Seite stillstehen sehen, während sie auf der anderen oft fortbestand. Ich kann deshalb, bis feststeht, ob in Knoll's Versuchen es nicht vielleicht ebenso war, ihm nicht Recht geben, wenn er sagt, er habe nach unvollständiger Durchtrennung „niemals Athmungshemmung“ (S. 7.) gesehen. Zudem kann doch auch die von ihm beobachtete Verlangsamung der Athmung, die den sensiblen Reizerscheinungen folgte, als eine Hemmungserscheinung aufgefasst werden.

Die Hemmungswirkung, wie ich sie mir vorstelle, wächst an Ausdehnung und an Intensität mit der durchschnittenen Nervenmasse. Von den bei successiven Verletzungen eintretenden Erscheinungen möchte ich mir nach Knoll's Mittheilungen und meinen eigenen Erfahrungen folgendes Bild machen: die Schnittführung bis zur Mittelebene hat Athemstillstand auf der verletzten Seite zur Folge, die andere athmet normal weiter.[1] Wird der Schnitt weiter in die noch unverletzte Markhälfte hineingeführt, so verlangsamt sich die Athmung auch auf dieser Seite. Wird auch sie ganz durchschnitten, so ist die Athmung gänzlich erloschen. Aber das sind keine Ausfallserscheinungen,[2] sondern Hemmungswirkungen; es giebt eben

[1] Freilich nicht immer, zuweilen stehen beide Seiten still.

[2] Oder höchstens nehmen solche in dem obenauseinandergesetzten Sinne (S. 102) daran Antheil.

partiellen, einseitigen und in seinen Folgen quantitativ verschiedenen Shock.

Knoll nimmt daran Anstoss, dass meiner Ansicht nach ein durch die Grenze von Hals- und Kopfmark geführter Schnitt zugleich reizend auf die hemmenden Bahnen und lähmend auf die spinalen Centren einwirken solle. Er vergisst, dass beide Wirkungen identisch sein können, dass die Erregung des verlängerten Markes vielleicht die Lähmung der spinalen Apparate bedingt; denn wie man sich auch das Wesen des Rückenmark-Shocks vorstellen möge, man wird der Reizung absteigender Reflexhemmungs- oder Hemmungsbahnen einen wesentlichen Antheil an dem Zustandekommen der in dieser Bezeichnung zusammengefassten Erscheinungen zugestehen müssen. Vielleicht ist sogar der Shock der Rückenmarkscentren gar nichts anderes wie eine durch Reizung solcher Bahnen herbeigeführte Hemmung. Wenigstens scheint dafür die im Wesentlichen absteigende (centrifugale) Wirkung des Shocks zu sprechen.

Ein für meine Auffassung sehr werthvolles Zugeständniss macht Knoll am Schlusse seiner Abhandlung. Das automatische Athmungscentrum, meint er, das auf den Blutreiz durch rhythmische Thätigkeit reagire, sei in der Oblongata gelegen; ausserdem aber seien noch im Rückenmarke Centren für die zu den Athemmuskeln gehenden Nerven, welche „sowohl von der Peripherie aus durch sensible Reize, als vom Gehirn aus willkürlich in Thätigkeit versetzt werden können.“ Der Wille beeinflusst also nach Knoll die Athembewegungen vermittelst der Einzelcentren des Spinalmarkes, nicht vermittelst des zusammenfassenden Centrums im Kopfmarke.[1]

Ich glaube nicht, dass alle Anhänger der Flourens'schen Lehre Knoll hierin beistimmen werden. Für denjenigen aber, der die principielle Nothwendigkeit eines zusammenfassenden Athemcentrums leugnet, ist es wichtig, zu hören, dass ein solches nicht einmal dazu verhilft, dem Willensimpuls den weiten und unbequemen Weg nach den einzelnen spinalen Centren zu ersparen.

Zu meinem Gunsten, nicht aber, wie der Verfasser glaubt, gegen mich, sprechen mehrere der thatsächlichen Ergebnisse, zu denen in einer grösseren Experimentaluntersuchung Markwald (12) (unter Kronecker's Leitung) gelangt ist. Auch Grützner (13) hat von ihr den Eindruck erhalten, als

[1] Auch Markwald (s. u.) kommt auf Grund seiner Versuche zu der Annahme, „dass den Nn. phrenici auch noch direct von der Hirnrinde aus, von einem motorischen Centrum in derselben, Erregungen zufliessen mit Umgehung des (bulbären) Athemcentrums.“

seien die Differenzen zwischen meinen und Markwald's Resultaten nicht so gross, wie dieser annimmt.

Man wird dieser Arbeit, welche die hoch angeschwollene Litteratur der Athmungsinnervation sorgfältig zusammengestellt und kritisch gesichtet hat, und die mancherlei werthvolle neue Beobachtungen bringt, ihr Verdienst zuerkennen müssen. Andererseits wird aber nicht übersehen werden dürfen, dass sie nicht frei ist von Widersprüchen, und dass mancher darin ausgesprochene Gedanke einer klareren Gestaltung bedurft hätte.

Betrachten wir die uns hier interessirenden Theile ihres Inhalts.

Im Halsmarke verlaufen nach Markwald nur die centralen Bahnen der Athmung; specielle Centren für die Athemauslösung sind daselbst nicht vorhanden. (S. 118 These 3.) Auch er hat allerdings bei strychninisirten jungen Kaninchen und Kätzchen nnd unter besonderen, meiner Ueberzeugung nach ungünstigen Bedingungen (nachdem sie künstlich zu Kaltblütern gemacht waren) auch bei älteren Thieren nach der Sectio bulbi noch spontane und reflectorische Zwerchfellbewegungen gesehen. „Die Aufzeichnung derselben aber zeigte zur Evidenz, was schon der Augenschein lehrte, dass es sich nicht um normale Athembewegungen, sondern um Athemmuskelkrämpfe handelte.“ (S. 33.) In allen Fällen sei die spinale Athmung nur die Folge eines enormen Erregungszustandes des Rückenmarkes; mit den Krämpfen des Zwerchfelles seien Krämpfe auch in anderen Muskeln verbunden.

Gegen die Existenz spinaler Athemcentren sprechen nach Markwald ferner die Erfolge der Halsmarkreizung. Einzelne Inductionsschläge mussten sehr stark sein, um eine Zwerchfellcontraction auszulösen; doch traten nach mehrmals wiederholten Schlägen zuweilen Athmungsgruppen auf — eine sehr bemerkenswerthe, auch mir bekannte Erscheinung, die nur leider von Markwald nicht genügend gewürdigt wird. Wurden intermittirende Reizungen von $^1/_{22}''$ bis $^1/_{20}''$ Intervall angewendet, so entstanden Zwerchfellkrämpfe und nicht selten ihnen sich anschliessende periodische Zwerchfellcontractionen. „Von Wirkungen,“ sagt der Verfasser, „welche für die Existenz eines Centrums der Athmung im Rückenmarke sprächen, habe ich absolut nichts gesehen; im Gegentheil, alles wies darauf hin, dass es sich nur um Leitungsbahnen handelte.“ Die Leitungsbahnen verhalten sich freilich nicht wie motorische, sondern wie sensible Nerven. (S. 32.) Ich kann das nicht anders verstehen, als dass es sich nach Markwald's Meinung um Reflexe gehandelt habe oder um reflexähnliche Vorgänge. Solche setzen doch aber die Existenz eines Centrums, wenn auch nur eines Reflexcentrums voraus. Die Ablehnung eines solchen ist mir deshalb unverständlich. (Vgl. auch Grützner a. a. O.)

Meine Erklärung des zumeist nach Abtrennung des Kopfmarkes ein-

tretenden Athmungsstillstandes ist nach Markwald „theils gezwungen, theils entspricht sie nicht den Thatsachen.“ Die Vagi sind keine Hemmungsnerven für die Athmung. „Der chocartige Zustand geht, wenn er überhaupt eintritt, rasch vorüber, und die Reflexe werden wieder normal.“ (S. 36.) Bezüglich dieser letzten Sätze möchte ich doch bemerken, dass Markwald's Versuche, die er weiter unten mittheilt, die von zahlreichen Autoren (ich nenne: Burkart, Hering und Breuer, Grützner, mich selbst, Gad, Knoll, Fredericq, Wagner, Wedensky) sicher festgestellte Thatsache, dass Reizung der Vagi die Athembewegungen zu hemmen vermöge, keineswegs widerlegen. Seine Versuchsbedingungen waren willkürlich gesetzte, die für andere nicht minder berechtigte Anordnungen nicht als Norm zu dienen brauchen.

Die Wiederkehr der spinalen Reflexe nach der Abtragung des Kopfmarkes bestreite ich nicht; allerdings pflegen die Reflexe an den vorderen Extremitäten später wiederzukehren, wie die an den Hinterbeinen. Sind die ersteren wieder da, so lassen sich sehr oft (auch an nicht vergifteten und nicht neugeborenen Thieren) auch Athemreflexe erzielen. Aber mit der zurückgekehrten Reflexthätigkeit braucht doch nicht nothwendiger Weise die automatische Thätigkeit wiedergekehrt zu sein, d. h. die Anspruchfähigkeit für innere Reize oder für den sogenannten Blutreiz. Sie erfordert, wie es scheint, und wie auch leicht verständlich ist, einen weit höhereu Grad von Restitution.[1] Die Existenz spinaler Gefässcentren lässt sich durch die Wirksamkeit sensibler Reize am isolirten Rückenmarke nachweisen; dagegen ist es bisher nicht gelungen, dieselben beim Kaninchen durch Dyspnoe zu erregen. (S. Mayer, Heidenhain und Kabierske.) Spinale Reflexbewegungen in den verschiedensten Körpermuskeln lassen sich leicht beobachten; spinale Erstickungskrämpfe sind beim Kaninchen eine Seltenheit. Es ist deshalb gar nicht auffallend, dass auch die respiratorischen Reflexe des isolirten Markes leichter zurückkehren, wie die automatische Athmung, und dass letztere sogar ganz ausbleiben kann.

Wie steht es nun aber mit den Athemkrämpfen, die Markwald am isolirten Rückenmark beobachtete, während er normale Athmungen niemals sah. Ich muss gestehen, dass ich nicht recht klug daraus geworden bin, was Markwald unter normalen Athembewegungen versteht. Den in Fig. 2 mitgetheilten normalen Athmungs-Curven kann man es ohne Weiteres nicht ansehen, ob sie Zwerchfellkrämpfen oder gedehnten Zuckungen angehören; jedenfalls wären die Tetani sehr kurz. Nach Markwald kann man aber (S. 23.) „den normalen ganz ähnliche Athemcurven“ erhalten, wenn man einen 20 Mal in der Secunde unterbrochenen Strom $^1/_3$ bis $^1/_5$″

[1] Vergl. hierzu Mosso (a. a. O. [19.] S. 91.)

lang und mit Pausen von einer Secunde durch die Phrenici schickt. Die so erhaltenen Zeichnungen (Fig. 10.) sind aber zweifellose Zwerchfellkrämpfe und unterscheiden sich meines Erachtens von den als typisch mitgetheilten Spontanathmungen, denen sie ganz ähnlich sein sollen, sehr wesentlich.

Markwald kommt also zu dem Ergebniss, dass die normale Zwerchfellathmung als ein kurzer Tetanus aufzufassen sei. Ist das der Fall, so unterscheiden sich die von ihm beobachteten spinalen Athmungen auch nicht mehr principiell von den normalen, sondern die Dauer des Tetanus ist nur vergrössert. Ich selbst habe allerdings spinale Athmungen gesehen und in meiner ersten Mittheilung mehrfach abgebildet, die ganz anders aussahen, wie die von Markwald mitgetheilten. Sie waren, wie ich auch hier hervorheben muss, den normalen durchaus ähnlich, manchmal erinnerten sie an die Respiration vagotomirter Thiere. Neben ihnen habe ich natürlich auch bei strychninisirten Thieren ausgesprochene und secundenlang andauernde Zwerchfellkrämpfe gesehen. Aus ihnen, die in Begleitung von anderweitigen, oft allgemeinen Muskelkrämpfen auftreten, hätte ich niemals auf die Existenz automatischer spinaler Athmungscentren geschlossen. Aber ich muss hier wiederholen, dass bei richtiger Dosirung des Giftes das Stadium der Krämpfe ein vorübergehendes zu sein pflegt, dass man oft genug nur die Athemmusculatur, keine anderen Muskelgruppen in Thätigkeit sieht. Die Wirkung des Strychnins bei Kaninchen ist überhaupt (auch beim normalen, erwachsenen Thiere) nach Beobachtungen, die ich bei anderer Gelegenheit gemeinschaftlich mit Dr. Gürtler gemacht habe, gar keine continuirliche. Ich sah bei sehr kleinen Dosen den heftigsten Streckkrampf ausbrechen. Nur durch künstliche Athmung war das Thier zu erhalten. Nach einiger Zeit war der Krampf vorbei, das Thier aber nicht etwa erschöpft, sondern ganz munter, die Reflexe normal, oder kaum merklich gesteigert. Reizungen verursachten keinen Krampf. Nach einiger Zeit brach, anscheinend ohne äussere Ursache, von Neuem ein Krampfanfall aus, dem wieder absolutes Normalverhalten folgte, und so konnte Krampf und Ruhe mit einander wechseln, bis die Giftwirkung völlig verschwand.

Soviel von den Unterschieden der von mir und der von Markwald beobachteten Erscheinungen.

Da Markwald so bestimmt erklärt, dass einmal die spinalen Athmungen keine echten, sondern Athemkrämpfe gewesen seien, und dass zweitens die Reizversuche am Halsmark kein Resultat ergeben haben, das für die Anwesenheit von Athmungscentren im Rückenmark spräche, so wird man fragen, wie es denn mit den Beobachtungen bestellt sei, die er

an dem „eigentlichen“ Athmungscentrum, am classischen Lebensknoten des verlängerten Markes angestellt hat.

Nach Abtrennung der Med. oblongata dicht unter den Striae acusticae[1] gelingt es, „die Athmung vollkommen der normalen ähnlich und das Thier viele Stunden lang am Leben zu erhalten.“ Je tiefer der Schnitt fällt, desto mehr weicht die Athmung von der normalen ab; reicht der Schnitt bis an die Spitze der Alae cinereae, so wird sie periodisch aussetzend.[2]

Dieses günstige Ergebniss kann aber, wie ich glaube, zu einem Einwand gegen meine Ansichten nicht benutzt werden, denn im Sinne meiner Auffassung ist die Schwere des Eingriffs mit der der tieferen Durchschneidung nicht zu vergleichen. Bei letzterer rückt man ja den spinalen Centren weit näher auf den Leib, und dazu durchschneidet man die Vagi oder deren Ursprünge oder deren spinale aufsteigende Wurzeln. Zu vergleichen ist mit der tieferen Sectio bulbi schon eher diejenige Operationsweise, bei welcher der hohen Durchtrennung des Kopfmarks noch die doppelseitige Vagusdurchschneidung hinzugefügt wurde. Was ergab aber diese? Keineswegs normale oder den normalen irgendwie ähnliche Athmungen, sondern langandauernde mit einander abwechselnde inspiratorische und exspiratorische Krämpfe.

Ich selbst habe gemeinschaftlich mit Dr. Joseph (14) auf Grund der vorläufigen Mittheilung Markwald's (15) diesen Versuch einige Male wiederholt und die Angabe Markwald's bestätigt gefunden.

Ich würde aus diesem Ergebniss, das freilich meiner Meinung nach nicht ohne Weiteres als „Ausfallserscheinung“ angesehen werden darf, sondern bei dem die Reizung der nahen Vaguscentren vielleicht eine wichtige Rolle spielt, schliessen, dass bezüglich der Form der Athmung das isolirte Halsmark eigentlich mehr leistet, wie wenn ihm der unterste Theil des Kopfmarkes verblieben ist.

Was die Reizungsversuche am verlängerten Marke endlich anlangt, so ergiebt sich nach Markwald folgendes: Einzelschläge sind erst bei enormer Stromstärke (2 Daniell, grosser Schlittenapparat, 500 bis 1000 E.)

---

[1] Die übrigens beim Kaninchen fehlen.

[2] Periodische Athmung scheint nach ähnlichen Operationen zuerst Flourens (*Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux* etc. t. II. 1842. p. 206. IX) beobachtet zu haben. Er hatte bei einem diese Erscheinung zeigenden Kaninchen die Vagi durchschnitten, und Grosshirn, Kleinhirn und Vierhügel entfernt. Schiff (*Lehrbuch der Physiologie.* I. 1858—1859. S. 324), der zuerst das Cheyne-Stokes'sche Athmen treffend geschildert hat, bezog sein Auftreten nach Verletzungen der Med. oblongata vielleicht nicht mit Unrecht auf Blutergüsse, die einen Druck auf das Athmungscentrum ausübten.

wirksam; sie lösen in Athmungspausen Inspirationen aus. Tetanisirende Reize (in der oben angewendeten Art) sind bei viel geringeren Stärken wirksam. Meist wirken sie inspiratorisch, zuweilen bewirken sie active Exspirationen. Gerade so wie die spinalen Centren (s. o.), sind also auch diese bulbären nur reflectorisch erregbar. (S. 81.) Wunderlicher Weise schliesst Markwald gerade aus diesen Versuchen auf die Existenz von In- und Exspirationscentren im Kopfmarke, obwohl er nach Analogie seiner obigen Schlussfolgerung hätte sagen müssen, dass er von Wirkungen, die für die Existenz eines Athemcentrums im Kopfmarke sprächen, absolut nichts gesehen habe; dass im Gegentheil alles darauf hinweise, dass es sich nur um Leitungsbahnen handelte. Und jenes automatische[1] Athmungscentrum, das an sich nach Markwald gar nicht einmal regelmässige rhythmische Athembewegungen, sondern nur Athemkrämpfe auslösen kann (These 5, S. 118), das vielmehr centripetaler Erregungen bedarf, um normale Athemzüge zu veranlassen (S. 106 u. ö.), hätte Markwald auf Grund seiner Beobachtungen mit demselben Rechte in's Halsmark verlegen können, wie in die Oblongata.

So würde ich die Markwald'schen Versuchsergebnisse verwerthen, und so muss sie Jeder auffassen, der sich von der Befangenheit der classischen Doctrin loszulösen im Stande ist. Meine Zweifel an ihr haben die vorliegenden Untersuchungen befestigt, nicht erschüttert.

Auf andere Punkte der Markwald'schen Arbeit, die manches Beachtenswerthe enthalten, kann ich hier nicht näher eingehen. Vielleicht komme ich bei späterer Gelegenheit auf sie zurück.

Gegen die Folgerung, die ich aus meinen Versuchen abgeleitet habe, ist mehrfach eingewendet worden, die letzteren seien für die Existenz selbständiger spinaler Athmungscentra beim normal ausgebildeten Thiere deshalb nicht beweisend, weil sie theils an sehr jungen, meist neugeborenen Thieren, theils an mit Strychnin vergifteten angestellt seien. Bei den ersteren bestehe vielleicht noch nicht jene Differenzirung der Markfunctionen, jene Localisirung eines herrschenden Athemcentrums und komme den spinalen Centren vielleicht eine weit grössere Selbständigkeit zu, wie im späteren Lebensalter. Was für den Neugeborenen gilt, gelte nicht auch für den Erwachsenen. Das mit Strychnin vergiftete Thier wiederum befinde sich unter den abnormen Einflüssen eines Giftes, die Erreg-

[1] Bei dieser Gelegenheit sei bemerkt, dass, wenn Markwald statt „Automatie" das Wort „Automasie" bildet, dazu eine Berechtigung nicht vorliegt. Denn αὐτοματία ist ein richtig gebildetes und schon von classischen griechischen Schriftstellern angewandter Ausdruck.

barkeit der spinalen Centren sei zu einer krankhaften Höhe gesteigert, die hier beobachteten automatischen Athembewegungen seien Reflexe.

Dagegen lässt sich freilich mancherlei sagen; ich könnte anführen, dass die berühmten und den Ausgangspunkt der ganzen Lehre vom Athmungscentrum bildenden Versuche von Legallois (16) und von Flourens ebenfalls an ganz jungen Thieren angestellt seien, dass ersterer bei älteren auch nach oberhalb der Med. oblongata gelegten Schnitten Athmungsstillstand eintreten sah.[2] Ich könnte einwenden, dass eine postembryonale Differenzirung des Athmungscentrums ein ganz beispielloser Vorgang sein würde, gegen dessen Wahrscheinlichkeit sich erhebliche Bedenken erheben liessen. Wenn ich ganz jugendliche Thiere vorzog, so that ich das, weil[1], wie zahlreiche Erfahrungen lehren, ihr Rückenmark widerstandsfähiger ist gegen Eingriffe aller Art, besonders gegen Blutverlust und Blutdrucksenkung, wie das erwachsener Thiere, und weil der Shock bei ihnen sehr gering zu sein pflegt.

Die Strychninversuche freilich, das will ich gern zugeben, haben wesentlich nur als Supplement zu Versuchen an unvergifteten Thieren Werth. Da durch sie aber nur in vollkommenerer Weise das dargestellt wird, was unvollkommener auch ohne Vergiftung zu sehen ist, scheint mir doch, dass ihnen eine nicht zu bestreitende Beweiskraft zukomme.

Wie dem aber auch sei, sehr wünschenswerth war es, den Nachweis automatisch thätiger spinaler Athmungscentren an erwachsenen und unvergifteten Thieren zu versuchen. Diese Lücke hat neuerdings ein französischer Forscher Wertheimer (18) in vollkommenster Weise ausgefüllt. Er hat bewiesen und durch graphische Darstellung belegt, dass bei erwachsenen Hunden nach Abtragung des Kopfmarkes ohne Zuhilfenahme der Strychninvergiftung spontane rhythmische, das Leben des Thieres fristende Athmungen ausgeführt werden können.

Wertheimer hat dadurch, dass er an Hunden experimentirte, von vornherein günstigere Versuchsbedingungen gesetzt, wie ich und andere Forscher, die meistens das für Rückmarksversuche wenig taugliche Kaninchen untersucht hatten. Ein weiterer Fortschritt ist in seinen Versuchen die lange Zeit, während welcher er die nach der Operation sofort beginnende künstliche Athmung fortsetzt.[1] Oft dauerte es 4 bis 5 Stunden, ehe die ersten spontanen Athmungen eintraten, zuweilen allerdings nur 1 bis 2 Stunden, bei jungen Thieren nur $^1/_2$ bis 1 Stunde. Nach Ablauf

[1] Man beachte, dass auch Rokitansky (17) in solchen Fällen die Athmung nur durch Strychnin wieder in Gang zu bringen vermochte.

[2] Wünschenswerth wäre für Versuche dieser Art, dass das Versuchsthier bei normaler Körpertemperatur erhalten würde.

dieses Zeitraums traten in 56 Fällen selbständige Athmungen auf, mehr als die doppelte Zahl von Versuchen war ohne Erfolg.

Am günstigsten erwiesen sich ausgewachsene, aber nicht zu alte Hunde.

Bei ab und zu wieder aufgenommener künstlicher Athmung konnte die wieder erwachte spontane stundenlang andauern. Ununterbrochen aufgezeichnet ward sie gewöhnlich 2 bis 5 Minuten lang, dann wieder eine Zeit lang künstlich geathmet. In anderen Fällen konnte die künstliche Ventilation 10 bis 15 Minuten lang ausgesetzt werden, ohne dass die automatische nachliess. Bei drei jungen Hunden, die schon stundenlang Curven geliefert hatten, wurde die Athmung freigegeben; die Thiere athmeten spontan und frequent, das eine 25 Minuten, das zweite $^1/_2$ Stunde, das dritte sogar 45 Minuten. Das Zwerchfell war zur näheren Beobachtung freigelegt. Bemerkenswerth ist die grosse Frequenz und Unregelmässigkeit der Spinalathmungen. Sie konnten eine Zahl von 90 bis 120 in der Minute erreichen.

Auf die weiteren Angaben Wertheimer's, die von geringerer Bedeutung sind und die theilweise gewissen von mir gemachten untergeordneten Beobachtungen theils entsprechen, theils widersprechen, gehe ich nicht ein. Die Uebereinstimmung in den hauptsächlichen Versuchsergebnissen, und, was mir besonders werthvoll erscheint, die Uebereinstimmung auch in den aus den Versuchs-Ergebnissen abgeleiteten Schlussfolgerungen ist so gross, dass ihr gegenüber kleine, auf unbedeutende Einzelheiten bezügliche Differenzen nicht in Betracht kommen.

Es sei noch erwähnt, dass Wertheimer sich selbstverständlich von dem Gelingen seiner Operation nach dem Tode des Thieres überzeugt und nur solche Versuche verwerthet hat, bei denen die vollständige Markdurchtrennung zweifellos gelungen war.

Einen weiteren Fortschritt bringt eine neuere Arbeit von A. Mosso. (19.) Mosso ist einer der Wenigen, die mit vollem Bewusstsein für die Decentralisations-Bestrebungen eintreten und die in der Frage nach dem Sitz des Athmungscentrums eine Principienfrage erblicken. Er weist nach, dass die Zusammenziehungen der verschiedenen, beim Respirationsact wirkenden Muskeln, der Muskeln des Gesichtes, des Zwerchfelles, der Muskeln der Brust und des Bauches, innerhalb gewisser Grenzen, unabhängig von einander sind. Sie können zeitlich auseinanderweichen; sie können in ihrer Stärke disharmoniren; beim Absterben können die einen früher erlöschen wie die anderen.

Neu und wichtig ist die Beobachtung, dass, wenn man einem jungen Hunde das Mark oberhalb des bulbären Athmungscentrums durchschneidet, die Athembewegungen des Kopfes eine Zeit lang fortdauern können.

Mosso kommt zu dem Schlusse, dass den einzelnen Athmungsmuskeln gesonderte und von einander relativ unabhängige nervöse Centren entsprechen. Das verlängerte Mark diene zu deren Coordinirung. Dieser letztere Ausdruck scheint mir nicht ganz klar und wird auch nicht näher begründet. Ich vermuthe, dass Mosso diesem Marktheile weniger eine coordinirende Bedeutung im Sinne von Flourens, als vielmehr die eines regulatorischen Organes, hat beilegen wollen. Mit dieser Auffassung würde ich vollkommen übereinstimmen. Ohne weiteres kann ich dagegen seinen Satz unterschreiben: „Die alte Vorstellung von einem einzigen Respirationscentrum muss aufgegeben werden."

Auf einige andere Punkte seiner Untersuchungen gedenke ich bei späterer Gelegenheit zurückzukommen.

Litteratur.

1. Langendorff, Studien über die Innervation der Athembewegungen. 1.—6. Mittheilung. *Dies Archiv.* 1880—1883.

2. Gierke, Die Theile der Medulla oblongata, deren Verletzung die Athembewegungen hemmt, und das Athemcentrum. Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. VII. S. 583.

3. Gierke, Zur Frage des Athemcentrums. *Centralblatt für die medicinischen Wisssenschaften.* 1885. Nr. 34.

4. Christiani, *Zur Physiologie des Gehirns.* Berlin 1885. S. 1—13.

5. Rosenthal in Hermann's *Handbuch der Physiologie.* Bd. IV. Abth. 2. S. 250.

6. Krukenberg, *Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der nervösen Apparate.* Heidelberg 1886. S. 422 und S. 472.

7. Gad, Einiges über Centren und Leitungsbahnen im Rückenmark des Frosches u. s. w. *Verhandlungen der physikalisch-medicinischen Gesellschaft in Würzburg.* N. F. Bd. XVIII. Nr. 8. (S. 24. der Separat-Ausgabe.)

8. Fredericq, Expériences sur l'innervation respiratoire. *Dies Archiv.* 1883. Dem Herausgeber gewidmeter Supplement-Band.

9. Mislawsky, Zur Lehre vom Athmungscentrum. *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.* 1885. Nr. 27. (Vorläufige Mittheilung). Eine ausführliche Arbeit scheint in russischer Sprache erschienen zu sein, ist mir aber nicht zugänglich.

10. Gierke, S. 3.

11. Knoll, Beiträge zur Lehre von der Athmungsinnervation. Sechste Mittheilung: Zur Lehre vom Einfluss des centralen Nervensystems auf die Athmung. Aus den *Sitzungsberichten der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften.* III. Abthl. Bd. XCII. Juli-Heft. 1885. Und *Biologisches Centralblatt.* 1886. Bd. V. Nr. 10.

12. Markwald, Die Athembewegungen und deren Innervation beim Kaninchen. Sonderabdruck aus der *Zeitschrift für Biologie.* 1886. Bd. XXIII. N. F. Bd. V.

13. Grützner, Einige neuere Arbeiten betreffend die Physiologie der Athmung. *Deutsche medicinische Wochenschrift.* XII. Jahrgang. 1886. Nr. 46 und 47.

14. Joseph, Zeitmessende Versuche über Athmungsreflexe. *Dies Archiv.* 1883. S. 480.

15. Markwald und Kronecker, Ueber die Auslösung der Athembewegungen. *Dies Archiv.* 1880. S. 100—104.

16. Legallois, *Oeuvres.* 1824. T. I. p. 65.

17. Rokitansky, Untersuchungen über die Athemnervencentra. *Oesterreichische medicinische Jahrbücher.* 1874. F. 1. S. 30.

18. Wertheimer, Recherches expérimentales sur les centres respiratoires de la moelle épinière. *Journal de l'anatomie et de la physiologie.* XXII. année. 1886. Nr. 5. S. 458.

19. Angelo Mosso, La respirazione periodica e la respirazione superflua o di lusso. *Reale Accademia dei Lincei.* Anno CCLXXXII. 1885. — Periodische Athmung und Luxusathmung. *Dies Archiv.* 1886. Suppl.-Bd. S. 37.

Ueber ein neues Verfahren zur Beobachtung der Wellenbewegung des Blutes.

Von

J. v. Kries,
Professor der Physiologie zu Freiburg i. B.

(Hierzu Taf. V u. VI.)

I.

Bei dem Studium der Wellenbewegung des Blutes ist es von Wichtigkeit, dass man sich nicht durch das allgemeine Wort „Pulswelle“ zu Verwechselungen verführen lässt, sondern stets sich eine genaue Vorstellung davon zu bilden sucht, welche Schlüsse über die hydraulischen Vorgänge aus den Beobachtungen zu ziehen sind. Dass man dieser Forderung nicht immer genügend Rechnung getragen hat, das wird, wie ich glaube, im Verlaufe dieser Abhandlung mehrfach hervortreten.[1]

Hat man sich einmal deutlich gemacht, was zu einer erschöpfenden Kenntniss jener Vorgänge gehören würde, so springt auch in die Augen, dass die gewöhnlichen sphygmographischen Methoden eine solche nicht liefern können, vielmehr immer nur ein sehr unvollständiges Bild geben. Diese gehen nämlich, wie bekannt, darauf aus, den zeitlichen Verlauf des Druckes in der untersuchten Arterie möglichst getreu darzustellen. Denn durch den Wechsel des Druckes wird die federnde Pelotte gehoben und gesenkt; gleichermaassen ist es auch die periodische Schwankung des Druckes, welche die dem Finger fühlbare Bewegung der Arterienwand zur unmittelbaren und genau entsprechenden Folge hat. Zur sicheren Ausschliessung

[1] Im Voraus will ich nur die Confundirung der Volumpulse mit den gewöhnlichen Pulsen erwähnen; ferner an die Thatsache erinnern, dass in der Beschreibung der Gassphygmoskope die eigenthümliche Art, wie der Puls hier zur Darstellung kommt, mit keiner Silbe erwähnt wird. Vergl. hierüber unten Abschnitt V.

von Missverständnissen soll im Folgenden die von der Herzthätigkeit abhängige periodische Druckschwankung in den Gefässen als Druckpuls bezeichnet werden. Eine mit dem Marey'schen Sphygmographen oder ähnlichen Instrumenten erhaltene Curve stellt also den Druckpuls der betreffenden Arterie dar.

Neben den Druckpulsen sind in neuerer Zeit vielfach andere Bewegungen beobachtet worden, welche zwar mit jenen unter den allgemeinen Begriff des Pulses zusammengefasst werden können, weil sie auch einen von der Herzthätigkeit abhängigen periodischen Vorgang im Gefässsystem zur Darstellung bringen, im Uebrigen aber streng von ihnen zu unterscheiden sind. Ich rede hier von den zuerst von Fick,[1] sodann namentlich von Mosso[2] und Frank[3] beobachteten Pulsen, für welche ich den Namen der Volumpulse vorgeschlagen habe.[4] Man verfährt hierbei bekanntlich so, dass ein Theil einer Extremität, etwa Hand und Unterarm, in ein Glas- oder Blechgefäss geschoben und vermittelst einer Gummimanschette ein wasserdichter Verschluss zwischen Arm und Gefäss hergestellt wird. Füllt man alsdann das Gefäss mit Wasser und lässt demselben den Ausweg in ein Rohr offen, so beobachtet man in diesem eine pulsartige Hin- und Herbewegung des Wassers; dieselbe kann mittels eines Schwimmers (ältere Methode von Fick) oder eines Marey'schen Tambours (Mosso, Frank, neuerdings auch von Fick vorgezogen) aufgezeichnet werden. Hierin besteht die Methode, welche Mosso die hydrosphygmographische nennt. Die Bedeutung dieser Curven ist nun, wie Fick schon in der erwähnten Arbeit gezeigt hat, eine ganz andere, als die einer gewöhnlichen Pulscurve, wie sie etwa mittels eines Marey'schen Sphygmographen von der Radialarterie zu erhalten ist. Auf den ersten Blick scheint freilich die Annahme naheliegend, dass man hier den Puls statt an einem Gefässe gleichzeitig an einer grösseren Zahl beobachte, dass die Hand oder der ganze Arm gewissermaassen als Sphygmoskop diene, wie man es ausgedrückt hat. Bei genauer Erwägung sieht man indessen, dass diese Deutung nur dann zulässig wäre, wenn man als sicher betrachten könnte,

---

[1] Fick, Die Geschwindigkeitscurve in der Arterie des lebenden Menschen. *Untersuchungen aus dem physiologischen Laboratorium der Züricher Hochschule.* Wien 1869.

[2] Mosso, *Die Diagnostik des Pulses.* Leipzig 1879.

[3] Frank, Du volume des organes dans ses rapports avec la circulation du sang. *Travaux du laboratoire de M. Marey.* Paris 1876.

[4] v. Kries, Ueber die Beziehungen zwischen Druck und Geschwindigkeit, welche bei der Wellenbewegung in elastischen Schläuchen bestehen. *Festschrift, der 56. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte gewidmet von der Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i. B.* Freiburg und Tübingen 1883. (Supplement zu Bd. VIII der *Berichte der Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg.*)

dass die Pulsbewegung in allen Gefässen ganz gleichartig und genau gleichzeitig stattfindet. Von dieser Annahme ist aber der erste Theil sehr zweifelhaft und der letzte sicher unrichtig.[1] Es muss daher von vornherein als sehr fraglich angesehen werden, ob die Volumpulse eines Extremitätenstückes mit den Druckpulsen der eintretenden Arterie übereinstimmen. Die Versuche lehren in der That, dass hier grosse Differenzen stattfinden können. Hiernach erkennt man in den Volumpulsen Effecte, welche aus Vorgängen in verschiedenen Theilen der Gefässbahn combinirt sind, und es erscheint fast unmöglich, aus ihnen einen Schluss auf irgend welche bestimmte Vorgänge der Wellenbewegung zu ziehen. Gleichwohl gelingt eine solche Verwerthung mit Hülfe einer ganz andersartigen Betrachtung, welche von Fick schon in seiner erwähnten Arbeit gegeben, von den meisten späteren Autoren aber nicht berücksichtigt worden ist. Der letztere Umstand mag es rechtfertigen, wenn ich dieselbe nochmals kurz auseinandersetze. Die Bewegungen des Wasserniveaus entsprechen zunächst, das ist leicht einzusehen, den Schwankungen des Armvolums.[2] Die Frage ist nun, ob nicht aus diesen auf die Vorgänge an irgend einer bestimmten Stelle der Gefässbahn geschlossen werden kann. Dies ist in der That möglich. Da nämlich sowohl das Blut als die Gewebsmassen als incompressibel anzusehen sind, so zeigen offenbar die Volumschwankungen die Variirungen der Blutfüllung an. Nun ist ersichtlich, dass die Blutfülle und somit das Volumen des betreffenden Stückes steigen muss, sobald mehr Blut hinein als herausströmt, abnehmen, sobald die Differenz die entgegengesetzte ist. Da nun die Stromstärke in den

---

[1] Rollett berücksichtigt (*Handbuch der Physiologie.* Bd. IV. S. 261) nur die Ungleichzeitigkeit des Pulses in den verschiedenen Gefässabschnitten. Er sagt dort: „Was man durch die Application des Sphygmographen erreichen will, nämlich einen möglichst richtigen graphischen Ausdruck jenes Gesetzes (desjenigen nämlich, nach welchem sich das Wandtheilchen der Arterie in Folge der durch das Arterienrohr tretenden Welle bewegt), das wird bei dem Hydrosphygmographen von vorn herein in Frage gestellt; denn wenn wir auch annehmen, dass die Volumschwankungen der Hand und des Arms nur von der Systole und Diastole der Arterien herrühren, so ist doch der Stand des Wasserniveaus im Hydrosphygmographen in jedem Moment nicht der Ausweichung eines bestimmten Wandtheilchens entsprechend, sondern eine Resultirende der gleichzeitigen Ausweichung aller in den Arterien des untersuchten Körpertheils der Länge nach aufgereihten Wandtheilchen. Man müsste also eine deformirte Pulscurve erwarten.“ Es kann dieser Betrachtung noch hinzugefügt werden, dass die Form der Pulswelle in den peripherischen Gefässen eine wesentlich andere sein kann, sobald hier Reflexionen stattfinden. Alsdann wird auch aus diesem Grunde die combinirte Beobachtung des Pulses in sämmtlichen Gefässen ein Bild liefern können, welches von dem Vorgange an irgend einer bestimmten Stelle wesentlich verschieden ist.

[2] Es ist hier abgesehen von etwaigen der Methode anhaftenden Fehlerquellen, und namentlich vorausgesetzt, dass keine Bewegung des Arms im Ganzen, aus dem Cylinder heraus oder in ihn hinein, stattfinden könne. Auf diesen Punkt wird alsbald zurückzukommen sein.

abführenden Venen als constant angesehen werden kann,[1] so kann aus den Volumschwankungen des eingeschlossenen Stückes auf die Verhältnisse der Stromstärke geschlossen werden, mit welcher Blut in dasselbe einfliesst. Man kann sonach mit Hülfe der Volumpulse ein Bild von der Stromstärke an einer ganz bestimmten Stelle des Arteriensystems bekommen, nämlich an eben jener Stelle, wo das Blut in das abgeschlossene Extremitätenstück einfliesst, also da, wo die Extremität von der Gummimanschette umfasst ist. Es ist besonders bemerkenswerth, dass die Beobachtung zunächst ein ganzes ausgedehntes Gefässgebiet (Arterien verschiedenen Calibers und Capillaren) betrifft, und trotzdem einen Schluss auf die hydraulischen Vorgänge an einer bestimmten Stelle der Gefässbahn gestattet. Es beruht dies, wie man sieht, lediglich auf dem vereinfachenden Umstande, dass innerhalb des abgeschlossenen Stückes die Welle erlischt und somit in den abführenden Gefässen gar keine Wellenbewegung mehr stattfindet. Wäre dies nicht der Fall, so wäre eine einfache Deutung der Volumpulse überhaupt unmöglich. — Auch so aber ist die Interpretation noch eine indirecte. Keineswegs nämlich geben die Volumpulse unmittelbar ein Bild von dem zeitlichen Verlaufe der arteriellen Stromstärken. Vielmehr zeigt ja ein Ansteigen des Volums eine grosse, ein Absinken eine geringe, das Constantbleiben die mittlere (der venösen gleiche) Stromstärke in der Arterie an. Der zeitliche Verlauf der Stromstärke wird also zur Darstellung kommen, wenn man aus der Volumpulscurve eine andere derart bildet, dass man ihr für jeden Zeitpunkt eine Ordinatenhöhe ertheilt, welche proportional ist der Steilheit, mit welcher in dem entsprechenden Zeitpunkt die Volumpulscurve ansteigt oder absinkt.[2] Dabei ist zu berücksichtigen, dass für die mittlere oder venöse Stromstärke eine Ordinatenhöhe willkürlich gewählt werden muss; steigt das Volumen in einem gewissen Zeitpunkt an, so ist die Ordinate der Stromcurve für diesen Punkt höher als der Mittelwerth und zwar um so mehr, je steiler das Ansteigen stattfindet. Sinkt das Volum ab, so ist die Ordinate niedriger als der Mittelwerth, und zwar um so mehr, je stärker das Absinken stattfindet. Es lassen sich also aus den Volumpulsen die jeweiligen (positiven oder negativen) Ueberschüsse der arteriellen Stromstärke über ihren Mittelwerth ermitteln. Wir wollen nun die von der Herzthätigkeit abhängige periodische Schwankung der

[1] Sie besitzt wenigstens, worauf es hier allein ankommt, keine von der Herzthätigkeit abhängige Periodicität.

[2] Mathematisch kurz ausgedrückt durch Differenzirung der Volumpulscurven. Nennen wir V das Volumen, t die Zeit, s die arterielle Stromstärke und v die venöse, so ist $\frac{dV}{dt} = s - v$ oder $s = \frac{dV}{dt} + v$; hier ist v eine Constante, so dass der periodische Theil von s direct durch den Werth $\frac{dV}{dt}$ dargestellt wird.

Stromstärke als Strompuls oder Geschwindigkeitspuls, und eine ihn darstellende Curve als Strompulscurve oder kurz als Stromcurve oder Geschwindigkeitscurve bezeichnen. Wir hätten also zunächst festzuhalten, dass aus dem Volumpuls eines Extremitätenstückes durch Rechnung oder Construction die Strompulscurve der in dasselbe eintretenden Arterie sich ableiten lässt, wie dies Fick schon in seiner oben erwähnten Arbeit gethan hat.

Vor einigen Jahren zeigte ich nun,[1] dass die gleichzeitige Untersuchung des Druckpulses und des Strompulses an derselben Stelle des Arterienrohres für die Theorie der Pulswelle von besonderem Interesse sei und darüber Aufschluss geben könne, wie die eigenthümliche Form der Pulscurve zu Stande kommt. Das Hauptergebniss der damaligen Untersuchungen lässt sich leicht in einigen Worten wiedergeben. Pflanzen sich durch einen Schlauch Wellen in einer bestimmten Richtung (sie mag die centrifugale heissen) fort, so steigt und sinkt überall gleichmässig mit einander der Druck und die centrifugale Stromstärke. Maxima des Druckes und der Stromstärke fallen zeitlich zusammen. Laufen die Wellen in centripetaler Richtung, so fallen natürlich gleichermaassen die Druckmaxima mit den Maximis der centripetalen Stromstärke zusammen. Für eine einzelne Welle kann daher die Fortpflanzungsrichtung durch die Beobachtung an nur einer Stelle des Schlauches erkannt werden, falls nur die Beobachtung sowohl die Druck- als die Strömungsverhältnisse ergiebt, und zwar daran, ob mit der Druckzunahme eine Schwankung der Stromstärke in dem einen oder anderen Sinne einhergeht. Aehnlich kann dann auch in allgemeinerer Weise aus der Combination des Druck- und des Geschwindigkeits-Verlaufes eine Zergliederung in den centrifugal und centripetal laufenden Wellenvorgang erhalten werden.

Die Untersuchungen, deren Plan hierin angedeutet war, wirklich auszuführen, lag um so näher, als die dafür erforderliche Methodik in bekannten Verfahrungsweisen zur Verfügung zu stehen schien. Zu meiner Freude hat auch in der jüngsten Zeit Fick diesen Gedanken aufgenommen, neuerdings Druck- und Strompuls in der Art. radialis des Menschen untersucht und das Ergebniss in der bezeichneten Richtung verwerthet.[2] Wenn ich selbst der Skizzirung dieses Versuchsplanes die Ausführung in geraumer Zeit nicht habe folgen lassen, so lag der Grund hierfür lediglich darin, dass es mir trotz vieler Bemühungen nicht gelingen wollte, eine Darstellung der Stromcurven zu erhalten, welche mir hinreichend verlässlich erschienen wäre. Erst in jüngster Zeit glaube ich dies Ziel wirklich erreicht zu haben.

---

[1] A. a. O.

[2] Fick, Die Druckcurve und die Geschwindigkeitscurve in der Arteria radialis des Menschen. *Verhandlungen der physikalisch-medicinischen Gesellschaft zu Würzburg.* 1886.

Zweck der gegenwärtigen Arbeit ist es, die hierzu dienende Methode und eine Anzahl mittels derselben erhaltener Resultate mitzutheilen.

Es wird indessen nothwendig sein, zuerst auseinanderzusetzen, weshalb ich die oben dargelegte Methode Fick's, Volumpulse zu beobachten und aus diesen Stromcurven abzuleiten, nicht für hinreichend zuverlässig erachtet habe. Schon im Jahre 1883 habe ich eine nicht unerhebliche Zahl derartiger Versuche ausgeführt und dabei die Ueberzeugung gewonnen, dass es mit Hülfe der bekannten Methoden unmöglich sein würde, die hier unerlässliche absolute Praecision und Correctheit in der Aufzeichnung der Volumpulse zu erreichen. Man muss nämlich erwägen, dass für die in Rede stehende rechnende Verwerthung der Volumpulse eigentlich eine streng momentane Einstellung des Registrirapparates, dabei eine absolute Freiheit von Eigenschwingungen vorausgesetzt ist. Eine Registrirung, wie wir sie thatsächlich herzustellen im Stande sind, mag den zeitlichen Verlauf der Volumschwankungen noch annähernd richtig darstellen, kann aber dabei in der Steilheit des Auf- und Absteigens schon erhebliche Fehler geben. Ein Mangel des Registrirapparates kann daher leicht die Stromcurve noch viel stärker entstellen als diejenige, welche zunächst Gegenstand der Aufzeichnung ist. Es lässt sich nun wohl kaum verkennen, dass die genauere Betrachtung der Methodik der Volumpulse hier schon von vornherein grosse Bedenken erwecken muss. Dieselben richten sich hauptsächlich gegen zwei Punkte; erstlich folgt weder der Hebel des Marey'schen Tambours, noch ein Schwimmer in absolut treuer Weise den Bewegungen des Wasserniveaus. Der Schwimmer stellt sich vielmehr, wenn man ihn etwa bei festgestelltem Wasserniveau heruntergedrückt hat, mit einer nur sehr mässigen Geschwindigkeit ein, da sein Gewicht, wenn er zur Registrirung brauchbar sein soll, sich unter einen gewissen Werth doch schliesslich nicht vermindern lässt. Der Tambour stellt sich weit schneller ein, ist aber auch nicht frei von Eigenschwingungen, welche namentlich bei stärkeren Bewegungen erheblich deformirend wirken können. Wichtiger aber ist ein anderer Punkt. Da der aufzeichnende Apparat eine Gleichgewichtslage haben muss, so ist nothwendig auch ein gewisser Druck erforderlich, um ihn in Bewegung zu setzen. Druckschwankungen im Inneren des Cylinders finden demgemäss bei der Aufzeichnung der Volumpulse auch immer Statt. Bei der Anwendung eines Schwimmers betragen sie schon zufolge der Niveauschwankungen mehrere Millimeter Wasser; arbeitet man mit dem Tambour, so kann man die Niveauschwankung des Wassers beliebig grösser oder kleiner machen, indem man die freie Oberfläche des Wassers in einem engeren oder weiteren Steigrohre anbringt. Dafür ist aber die Spannung der Membran eine wechselnde. Selbst bei einem äusserst empfindlichen Tambour sind diese Druckschwankungen nicht ganz unerheblich.

So fand ich, dass die Druckschwankungen mehr als 10 mm Wasser betrugen, wenn die Schreibspitze Excursionen von 10 mm, die Membran von 0·3 mm ausführte. Der Druck, welcher auf die Oberfläche des Armes ausgeübt wird, muss aber noch bedeutender schwanken, da bei der schnellen Bewegung ziemlich langen Wassersäulen gewisse Beschleunigungen ertheilt werden müssen. Nun ist es aber, wie ich glaube, ganz unmöglich, den Arm im Glascylinder so zu befestigen, dass er nicht durch den steigenden Druck ein wenig hinausgetrieben würde; könnte man selbst die Haut vollständig unbeweglich mit dem Cylinder verbinden, so wäre immer noch der ganze Arm in dem fixirten Hautstücke wie in einer ziemlich lockeren Manschette beweglich. Selbst eine minimale Verschiebung, die hier stattfindet, kann aber, da sie eine sehr erhebliche Fläche betrifft, die Volumpulse schon sehr stark deformiren.

Ich habe mich, wie erwähnt, durch Versuche davon überzeugt, dass diese Bedenken gegen die bisher geübten Methoden der Volum-Sphygmographie nicht blosse Phantasiegebilde sind. Ich verschloss einen Plethysmographencylinder, wie er zur Aufnahme von Hand und Unterarm verwendet wird, derart dass ich in die Gummimanschette statt eines Armes ein rundes Holzstück einsetzte. Der Cylinder wurde mit Wasser gefüllt, welchem gerade wie bei der Beboachtung der Volumpulse der Ausweg in ein Steigrohr (9·4 mm Durchmesser) offen stand. Ich überzeugte mich hier, dass die Fixirung durch die Manschette selbst bei dem festen Holzcylinder nicht in ganz genügender Weise gelingt; man kann denselben stets in den Plethysmographen etwas hineindrängen, und wenn man ihn plötzlich loslässt, Eigenschwingungen im Steigrohr beobachten; die Periode derselben ist natürlich je nach der Beschaffenheit der Manschette verschieden, aber keineswegs sehr kurz, sondern beträgt oft mehr als $^1/_3$ Secunde.

Dass die Beobachtung der Volumschwankungen in der That nicht mit der Praecision gelingt, welche man ihr meist zuzutrauen geneigt ist und welche für die Ableitung der Geschwindigkeitscurven erforderlich wäre, geht noch aus einem anderen einfachen Versuche hervor. Man beobachtet die Volumpulse eines im Plethysmographen eingeschlossenen Armes unmittelbar nach einander in zwei Röhren von verschiedenem Querschnitt. Die Erhebungen müssten sich (mittels Schwimmer aufgezeichnet) umgekehrt wie die Querschnitte verhalten. Sie thun das aber niemals, sondern fallen stets im engen Rohr relativ zu klein aus. So erhielt ich z. B. bei Beobachtung der Volumpulse des ganzen Unterarmes und halben Oberarmes mittels zweier Ansatzröhren von resp. 8 und 14·2 mm Durchmesser die Niveauschwankungen im engen Rohr weniger als doppelt so gross wie im weiteren, während das Verhältniss der Querschnitte 1:3·1 betrug.

Als weiteren Beleg für diese Behauptungen will ich einen Versuch mit-

theilen, welcher recht deutlich zeigt, wie sehr die Volumpulse von kleinen Differenzen der Methode abhängen. Die Curven (Tafel V Fig. 1—6) stellen Volumpulse desselben Individuums dar, und zwar von der oberen Extremität von der Mitte des Oberarmes an. Die Curven wurden in der Reihenfolge ihrer Nummern unmittelbar nach einander aufgenommen und es liegt zwischen der ersten und letzten ein Zwischenraum von nur wenigen Minuten; die starke Verschiedenheit der Form beruht lediglich auf Differenzen der Methode.

In allen Fällen war der Innenraum des Cylinders mit einem sehr empfindlichen Marey'schen Tambour in Verbindung gesetzt. Die Differenzen betrafen die Wasserfüllung und somit die Wasserbewegung.

Es war nämlich bei 1) und 5) der Cylinder nur bis ganz nahe an die obere Oeffnung, aus welcher sich das Steigrohr erhebt, mit Wasser gefüllt; die Luft füllt somit das Steigrohr selbst ganz aus und bildet unterhalb desselben im Cylinder noch eine ziemlich grosse Blase; demgemäss findet keine merkliche Niveauschwankung bei den Pulsbewegungen Statt. Die beiden in 1) und 5) dargestellten Versuche sind zeitlich durch die drei anderen Versuche getrennt, stimmen aber gleichwohl gut unter einander überein. Bei 2) war der Cylinder ganz gefüllt und das Wasser bewegte sich in dem weiten Steigrohr von 19^{mm} Durchmesser. Das Niveau lag dabei im Ganzen allerdings etwas höher als bei Versuch 1), und man könnte daher vielleicht die Veränderung des Pulses auf die Erhöhung des auf dem Arme lastenden Druckes zurückführen. Versuch 3) giebt aber, bei etwas anderer Einstellung des Niveaus, ganz dasselbe Resultat.

Der Versuch 4) unterscheidet sich von 2) und 3) so wie es in der umstehenden Figur dargestellt ist. Man bemerkt, dass das Steigrohr A durch das engere Röhrchen B, welches den Stopfen C durchbohrt, mit dem Tambour verbunden ist. Bei der Einrichtung a, welcher die Curven 2) und 3) entsprechen, endigt das Röhrchen B in dem Luftraume des Steigrohres; das Wasser schwankt also in diesem auf und ab. Bei der Einrichtung b, welche die Curve 4) lieferte, ist das Röhrchen weiter hineingeschoben und der Stopfen aufgesetzt, nachdem das Rohr ganz mit Wasser gefüllt ist; danach wird das Niveau auf dieselbe Höhe eingestellt; aber das Wasser spielt nun in dem engeren Rohre. Der Tambour sollte jetzt Curven nicht nun von derselben Form, sondern auch von derselben Grösse aufzeichnen. Man bemerkt aber, dass die Curven sehr viel niedriger geworden sind, entsprechend dem auch schon anderweit festgestellten Umstande, dass die Excursionen des Wassers nicht in dem Maasse wachsen, wie der Querschnitt abnimmt. Dabei wird man kaum daran denken können, die ganze Differenz auf die Reibungsverhältnisse zurückzuführen. Denn selbst das engste Rohr ist noch ziemlich weit und dabei nur in ganz ge-

ringer Länge mit Wasser erfüllt. Es kann vielmehr wohl keinem Zweifel unterliegen, dass die starke Differenz der Curven von den unvermeidlichen Druckschwankungen im Inneren des Cylinders herrührt, welche das eine Mal grösser, das andere Mal geringer sind. Am kleinsten werden dieselben,

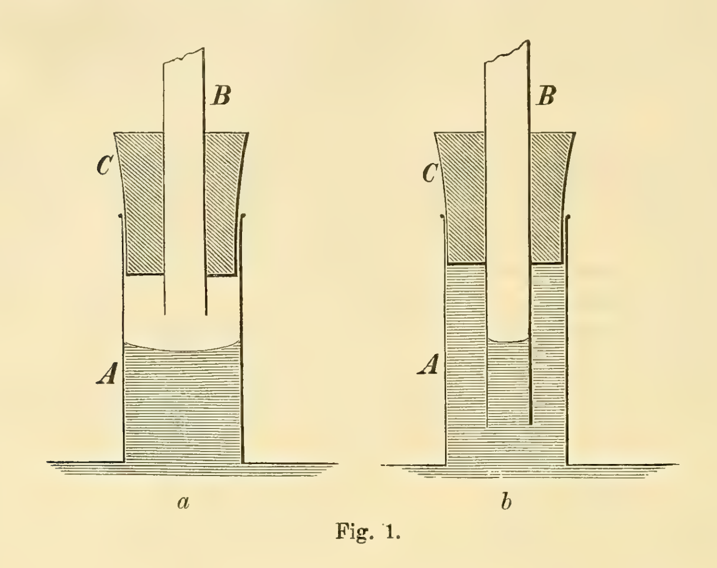


Fig. 1.

wenn man das Wasser ganz fortlässt. Auf diese Weise wurde die Curve 6 erhalten. In der That wird man nach dem Anblick vielleicht geneigt sein, diese für die correcteste zu halten. Allein man erhält auf diese Weise überhaupt nur dann Curven, wenn man einen äusserst empfindlichen Tambour mit starker Vergrösserung anwendet. Ein solcher besitzt aber Eigenschwingungen, welche eine um so grössere Periode haben, je grösser der Luftraum ist, mit dem er in Verbindung steht, und kann daher gerade unter den hier in Rede stehenden Verhältnissen durchaus nicht als ein hinlänglich correcter Registrirapparat gelten.

Man wird mir hiernach, glaube ich, darin beistimmen müssen, dass die Methode der Volumpulse eine jedenfalls für den vorliegenden Zweck nicht hinlänglich genaue ist. Auch in den Beobachtungen Fick's gelangen die erwähnten Schwierigkeiten einigermaassen zum Ausdruck. So verdient zunächst bemerkt zu werden, dass die Volumpulscurve der Hand, welche Fick neuerdings abbildet, ganz anders aussieht, als diejenige, welche er im Jahre 1869 mitgetheilt hat. Die neue ist mittels des Marey'schen Tambours, die ältere mittels eines Schwimmers gezeichnet. Die neuere, welche wohl die correctere ist, zeigt leichte Erzitterungen, welche auch Fick, gewiss mit Recht, auf die unsichere Befestigung

der Hand im Plethysmographen zurückführt. Man wird aber kaum in Abrede stellen können, dass es eine recht missliche Aufgabe ist, aus einer solchen Volumpulscurve die Geschwindigkeitscurve abzuleiten, wenn man dabei noch von gewissen Schwankungen, als accidentellen, zu abstrahiren hat. Es ist jedenfalls Beweis für einen sehr guten Blick, wenn Fick, wie wir sehen werden, gleichwohl in der Hauptsache richtige Geschwindigkeitscurven erhalten hat. — Uebrigens ist es mir sehr wahrscheinlich, dass die beregten Uebelstände um so weniger hervortreten, ein je kleineres Stück der Extremität man zur Beobachtung nimmt, also bei der Hand weniger, als wenn man noch einen Theil des Unterarmes in den Cylinder bringt oder gar den Abschluss erst in der Mitte des Oberarmes macht.

II.

Um zu einer Darstellung der Strompulse namentlich auch in grösseren Arterien zu gelangen, war es zufolge der soeben auseinandergesetzten Umstände nothwendig, auf eine andere Methode zu sinnen. Und zwar erschien es im höchsten Grade wünschenswerth, dieselben nicht indirect durch Ableitung aus Volumpulsen, sondern unmittelbar zu erhalten. Denken wir uns die Hand und einen Theil des Armes nach Art der plethysmographischen Methode in einen Cylinder eingeschlossen, diesen aber mit Luft gefüllt, und durch eine Oeffnung mit der äusseren Luft communicirend, so muss bei den Volumschwankungen durch diese Oeffnung abwechselnd Luft hinausgetrieben und wieder eingesogen werden. Bei hinreichend weiter Oeffnung entspricht offenbar die Stärke des Luftstromes der Geschwindigkeit, mit welcher das Volumen des Armes zu- oder abnimmt; somit ist auch leicht zu übersehen, dass die Stärke des Luftstromes nichts anderes darstellt, als den jeweiligen Ueberschuss der arteriellen über die venöse Stromstärke; den positiven und negativen Werthen dieses Ueberschusses entsprechen die positiven und negativen Werthe der Stärke des Luftstromes, d. h. die Richtung desselben aus dem Cylinder heraus oder in ihn hinein. Druckschwankungen finden hier im Inneren des Cylinders, da er mit der atmosphaerischen Luft in offener Verbindung steht, nur in minimalem Betrage statt. Dafür entsteht nun die Aufgabe, die Stärke des Luftstromes zur Anschauung zu bringen und aufzuzeichnen. Hierzu eignet sich nun (ich übergehe eine Reihe von Versuchen, die nicht zu befriedigenden Resultaten geführt haben) in hervorragender Weise die Gasflamme. Die Höhe einer solchen (und namentlich auch ihres leuchtenden Theiles) hängt nämlich von der Geschwindigkeit des Ausströmens ab; bei wechselnder Stärke des Stromes stellt sich die Flamme fast momentan so ein, wie es der jeweiligen Stärke desselben entspricht. Da es für ein richtiges Verständniss

der jetzt zu beschreibenden Methode vor Allem auf eine genaue Einsicht in die Art ankommt, wie die Flammen irgendwelche Bewegungen wiedergeben, so will ich dieselbe zuerst an einem ganz einfachen Beispiel erläutern. Es brenne aus der Spitze des Röhrchens *A* eine Gasflamme, welche durch den Schlauch *B* aus der Gasleitung gespeist wird. Mit dem von Gas erfüllten Raum des Röhrchens *A* (derselbe soll im Folgenden stets als der Brennerraum bezeichnet werden) sei der Hohlraum einer Marey'schen Kapsel *C*

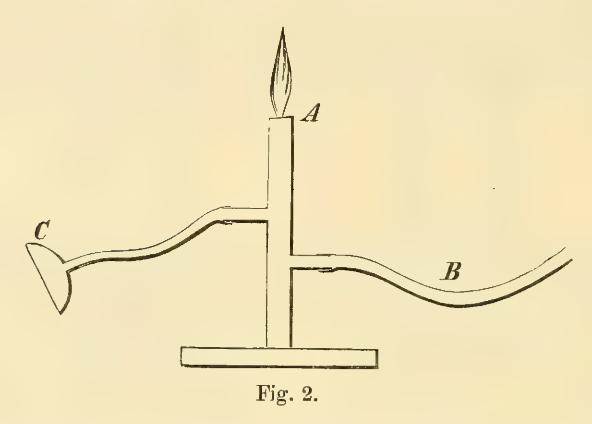


Fig. 2.

in der aus der Fig. 2 ersichtlichen Weise in Verbindung gesetzt. Drängt man nun die Membran des Tambours ein wenig einwärts, so zuckt die Flamme in die Höhe; aber wenn die Membran dann in der eingedrückten Stellung bleibt, so stellt sich die Flamme sofort wieder auf die ursprüngliche Höhe ein. Es ist also nur die einwärtsgerichtete Bewegung der Membran, welcher die grössere Höhe der Flamme entspricht; sobald aber die Membran still steht, hat die Flamme die ursprüngliche Höhe, unabhängig davon, in welcher Stellung die Membran fixirt ist.[1] Die Flamme reagirt also durchaus anders als etwa ein Registrir-Tambour, welcher die dauernde Verschiebung jener Membran mit einer dauernden Erhebung seiner Schreibspitze anzeigen würde. Die Flammenhöhe zeigt in der That die Stärke des Gasstromes an.

Hieraus ergab sich nun folgende einfache Anordnung zur Beobachtung der Geschwindigkeitspulse. Die Gasflamme, welche zur Beobachtung des Pulses dienen soll, sie mag im Folgenden stets als die Pulsflamme be-

[1] Wenn man den Versuch ausführen will, verfährt man am Besten so, dass man ein Metallplättchen (20 Pfennigstück) auf den Tisch legt und den Tambour so auf die Tischplatte aufsetzt, dass die Membran durch das Geldstück etwas einwärts gedrängt wird. Man sieht, wie die Flamme im Moment des Aufsetzens aufzuckt, um sofort wieder auf die vorige Höhe sich einzustellen.

zeichnet werden, brennt aus der Oeffnung A (Fig. 3); sie erhält ihr Gas durch das Rohr B. Der Hohlraum desselben steht in Verbindung einerseits durch den Schlauch C mit einem Gasreservoir, aus welchem ein beständiger Zufluss von passender Grösse stattfindet, andererseits durch D mit dem Hohlraume des den Arm einschliessenden Cylinders. Die Stärke des Gasstromes, welcher durch die Oeffnung A heraustritt, setzt sich unter diesen Um-

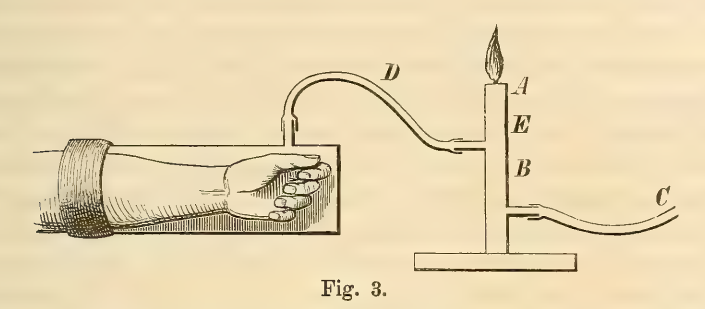


Fig. 3.

ständen zusammen aus dem constanten Theile, welcher bei Abschluss der Verbindung D stattfindet, und der periodisch wechselnden Strömung aus dem Plethysmographen heraus und in ihn hinein, welche durch die Pulsbewegungen hervorgebracht sind.[1] Demgemäss beobachtet man auch in der That leicht die hüpfende Bewegung der Flamme; die Spitze derselben macht, wenn die Hand und ein Theil des Unterarmes im Plethysmographen sind, leicht Bewegungen von mehreren Centimetern. Diese Methode kann auch in eine registrirende verwandelt werden, indem man die Gasflamme auf eine bewegte lichtempfindliche Platte photographirt.

Trotz der grossen Einfachheit, welche die Methode in ihren Grundzügen besitzt, hat es doch der Ueberwindung mannigfaltiger Schwierigkeiten bedurft, um zu ganz befriedigenden Resultaten zu gelangen. Es wird daher angemessen sein, über die Technik derselben etwas ausführlicher zu berichten. Die Ausbildung der Methode hat zwei verschiedenen Punkten Rechnung zu tragen, einmal der Herstellung der gewünschten Flammenbewegung, sodann der photographischen Aufzeichnung derselben. Was den ersten Punkt anlangt, so kann man sich leicht sagen, dass die Bewegung der Flamme nur dann die Geschwindigkeitscurve darstellen wird, wenn das Gas durch eine hinreichend weite Oeffnung ausfliesst; ist dagegen die Oeffnung eng, so erhält man Bewegungen, welche sich mehr den Volum-

[1] Vorausgesetzt ist hier, dass die Oeffnung A hinreichend weit, und im Gasreservoir ein ziemlich hoher Druck vorhanden ist; alsdann muss bei C, um eine passende Mittelhöhe der Flamme zu erhalten, ein Widerstand angebracht werden (Hahn oder Schlauchklemme), welcher sehr gross gegen den der Oeffnung A ist, so dass die periodische Bewegung fast ausschliesslich durch diese Oeffnung stattfindet.

pulsen annähern. Am leichtesten wird man das durch Ueberlegung der beiden extremen Fälle einsehen. Ist nämlich die Oeffnung sehr weit, so werden die Volumschwankungen des Armes fast ohne Zeitverlust die entsprechenden Luftmengen heraustreiben oder hineinziehen; dabei kann der Druck im Inneren des Cylinders niemals um mehr als ganz minimale Beträge von seinem Mittelwerthe sich entfernen.[1] Der Druck ist bei steigendem Volumen ein wenig grösser, bei abnehmendem etwas kleiner als der Mittelwerth. Die Geschwindigkeit des Ausströmens wird in der That in der oben angegebenen einfachen Weise dem arteriellen Strom entsprechen und die Flammenspitze durch ihre Bewegungen die Geschwindigkeitscurve darstellen. Anders, wenn die Oeffnung äusserst eng ist. Nehmen wir an, der grosse Widerstand derselben machte die periodische Luftbewegung so klein, dass sie nicht mehr, wie im vorigen Falle, den Volumschwankungen des Armes genau gleichkäme, sondern ihnen gegenüber zu vernachlässigen wäre. Auch jetzt wird die Stromstärke dem im Inneren des Cylinders stattfindenden Druck entsprechen; dieser selbst aber ist, da die ausströmende Menge zu vernachlässigen ist, um so grösser, je grösser das Volumen des Armes ist. Das jeweilige Volumen des Armes bestimmt also dann den Druck, somit auch Stromstärke und Flammenhöhe; man erhält also Volumpulse.

Das Erforderniss, welches sich hier herausgestellt hat, müssen wir noch etwas genauer specificiren. Denken wir uns, im Arm fände keine Pulsbewegung statt, sondern nur eine einmalige plötzliche Volumzunahme. Die Einrichtung muss dann derart sein, dass diese Veränderung durch ein schnelles Aufzucken der Flamme angezeigt wird, dieselbe aber dann sogleich auf die Mittelhöhe sich einstellt. Bei einer bestimmten Weite der Oeffnung kann man nun leicht im Voraus übersehen und auch durch den Versuch zeigen, dass dies um so weniger vollkommen stattfindet, je grösser der ganze mit dem Brennerraum verbundene Hohlraum ist. Wenn nämlich das Volumen des Armes um einen Cbcm. zugenommen hätte, so würde die Flamme dann wieder auf der alten Höhe sein, wenn dieser Cbcm. wieder abgeflossen ist. Das findet nun um so schneller statt, je grösser die Drucksteigerung ist, die durch die Volumzunahme bewirkt wird, und diese ist um so kleiner, je grösser der Hohlraum ist. Um also die gewünschte Reaction der Flamme zu erhalten, müssen die Oeffnungen, aus denen das Gas abfliesst, hinreichend weit sein, und zwar um so weiter, je grösser der im Plethysmographen verbleibende Luftraum ist. Auch hiervon

[1] Dieser Mittelwerth ist hier etwas, aber nur ausserordentlich wenig grösser, als der Atmosphaerendruck; er entspricht natürlich dem Druck, der im Brennraume besteht, wenn die Verbindung desselben mit dem Plethysmographencylinder abgeschlossen ist.

kann man sich durch eine leichte Modification des oben angeführten Versuchs überzeugen. Man hat nur nöthig, zwischen Tambour und Brennerraum (Fig. 2) noch einen grösseren Luftraum einzuschalten; nimmt man hierzu eine Glasflasche von etwa 6 Liter Inhalt, so ist die Reaction der Flamme schon eine merklich träge, auch wenn die Oeffnung 1 ^{mm} weit ist; bei Eindrückung der Tambourmembran zuckt die Flamme in die Höhe, sinkt aber dann nur allmählich auf die ursprüngliche Höhe herab. Auch die Pulsbeobachtungen bestätigen, wie gleich angeführt sein mag, dass man durch Verengern der Ausflussöffnung Volumpulse anstatt der Geschwindigkeitspulse erhalten kann. Fig. 1 Taf. VI zeigt bei *a* Geschwindigkeitspulse der Art. brachialis, dagegen wurde die Curve *b* erhalten, indem in die Communication des Plethysmographen mit dem Brennerraum ein bedeutender Widerstand eingeschaltet (der Schlauch durch eine Klemme verengert) wurde. Die Form derselben ist stark verschieden und nähert sich, wie man sieht, den Volumpulsen.[1]

Es würde sich nun hieraus die Regel ergeben, den Abfluss des Gases unter möglichst geringem Widerstand, also durch eine recht weite Oeffnung stattfinden zu lassen. Hierbei stiess ich indessen auf eine ebenso unerwartete wie lästige Schwierigkeit. Lässt man Gas aus einer Oeffnung ausströmen, welche mehrere Millimeter weit ist, so beobachtet man bekanntlich stets, dass die Flamme nicht ruhig brennt, sondern flackert. Dieses Flackern besteht in einer ziemlich regelmässigen Oscillation der Flamme. Worin die eigenthümliche, feste Periodik des Vorganges ihren Grund hat, ist, so viel ich weiss, bisher nicht ermittelt worden.

Obwohl man das Flackern beseitigen kann, indem man die Flamme durch einen übergeschobenen Glascylinder vor Luftzug schützt, so stellt sich doch heraus, dass auch eine Flamme, welche für sich vollständig ruhig brennt, wieder störende Flackerbewegungen zeigt, so bald sie durch die Pulse in Bewegung gesetzt wird. Man erhält alsdann sehr unregelmässige und gänzlich unbrauchbare Curven. So ergiebt sich denn die Nothwendigkeit, das Flackern der Flamme auf dem einzigen Wege zu beseitigen, welcher hier mit Sicherheit zum Ziele führt, nämlich die Ausströmungsöffnung eng zu machen. Eine Weite von 1 ^{mm} habe ich am passendsten gefunden. Da der Widerstand so gering als möglich gehalten werden soll, so empfiehlt es sich, die Spitzen so herzustellen, dass auf ein weiteres Messingrohr (8 bis 10 ^{mm} im Lichten) eine dünne Platte aufgelöthet wird, in welcher central die Oeffnung eingebohrt ist.

Für die grossen Luftvolumina, welche z. B. bei Einschluss des ganzen Beines in den Plethysmographen vorhanden sind, ist aber der Widerstand

---

[1] Die Rotationsgeschwindigkeit der Trommel ist bei *b* etwas kleiner.

einer solchen Oeffnung doch nicht klein genug. Ein sehr einfacher Kunstgriff kann aber verwendet werden, um auch unter diesen Verhältnissen sicher richtige Geschwindigkeitscurven zu erhalten. Man braucht nämlich nur dem Gase noch einen Nebenausfluss von geringem Widerstande zu öffnen. Zu diesem Zwecke wird bei *E* (Fig. 3 S. 265) ein Schlauch abgezweigt, der zu einer weiteren Brenneröffnung führt. Dieser Nebenweg konnte vermittelst einer Klemme mehr oder weniger geöffnet werden. Wie man sieht, ist so die Möglichkeit geboten, die Reaction der beobachteten Flamme in weiten Grenzen zu verändern. Bei starkem Nebenausfluss entsprechen die Bewegungen beider Flammen in ganz genauer Weise der arteriellen Stromstärke. Durch allmähliche Erhöhung des Widerstandes gelangt man zu der anderen Reaction, welche Volumpulse darstellt; und zwar hat man zu dem Zwecke, wenn man gradatim verfahren will, erst den Nebenausfluss allmählich zu vermindern, ihn dann ganz zu verschliessen, endlich den Widerstand des Abflusses auch zu der Pulsflamme zu steigern. Natürlich wird die Bewegung der letzteren um so kleiner, je stärker man den Nebenausfluss macht. Dies schadet indessen um so weniger, als ja das Erforderniss eines starken Nebenausflusses gerade da besteht, wo die Bewegungen sehr mächtige sind, nämlich bei der Untersuchung grosser Extremitätenstücke, wie etwa des ganzen Beines.

Durch einige vergleichende Versuche überzeugte ich mich, dass eine erhebliche Veränderung der Pulsform immer dann erst zur Beobachtung kam, wenn ich keinen Nebenausfluss anwandte, und dann den Widerstand noch (durch Zuklemmen des Schlauches *D*) vermehrte. Bei den Versuchen wurde fast immer noch ein mehr oder weniger starker Nebenausfluss verwendet, so dass ich sicher war, Stromcurven zu erhalten.[1]

Noch einige Punkte verdienen bezüglich der Einrichtung der Flammen Erwähnung. Es stellte sich als nothwendig heraus, den Zufluss des Gases nicht aus der allgemeinen Leitung geschehen zu lassen, da hier beständige Druckschwankungen stattfinden. Vielmehr füllte ich stets ein kleines Gasometer mit Leuchtgas und speiste die Flamme aus diesem. Nach einer Angabe von Doumer,[2]

---

[1] Die ganze Schwierigkeit würde sich natürlich beseitigen lassen, wenn man ein Plethysmographengefäss verwendete, welches die betreffende Extremität sehr genau einschliesst, so dass nur ein ganz kleiner Hohlraum bleibt. Die Herstellung solcher Apparate hätte mit Hülfe von Gypsabgüssen keine principielle Schwierigkeit, wäre aber jedenfalls recht umständlich und kostspielig; ausserdem wären die Gefässe doch immer nur für ein bestimmtes Individuum passend. Ich habe daher hiervon abgesehen und benutzte für Ober- und Unterarm möglichst enge cylindrische Gefässe, für den Unterschenkel ein stiefelförmiges Gefäss, für das ganze Bein dasselbe mit einer daran gesetzten conischen Schiene.

[2] Mesure de la hauteur des sons par les flammes manométriques. *Comptes rendus* etc. t. CIII. p. 340.

welcher kürzlich oscillirende Flammen auf bewegte Platten photographirt hat, habe ich auch eine sehr stark und weiss leuchtende Flamme dadurch hergestellt, dass ich das Leuchtgas mit Benzindampf mischte und im Sauerstoffstrom brennen liess. Doch gelang es mir hierbei nicht, die Flamme hinreichend ruhig zu machen, wohl deswegen, weil der Sauerstoff immer aus einer relativ weiten Oeffnung ausströmen muss. Indessen behielt ich die Vermischung des Leuchtgases mit Benzindampf bei, weil sich herausstellte, dass die Höhe der leuchtenden Flamme bei gleicher Ausflussgeschwindigkeit hier etwa um $^1/_3$ grösser ist, als bei unvermischtem Leuchtgas. Die Methode wird also durch die Anwendung des Benzins in diesem Verhältniss empfindlicher. Die Zumischung des Benzins geschah einfach so, dass das Leuchtgas durch eine Flasche hindurchstreichen musste, welche mit Benzin getränkte Bimssteinstücke enthielt.[1]

Was nun die photographische Aufzeichnung der Flammenbewegung anlangt, so ist zunächst zu bemerken, dass die Empfindlichkeit guter Trockenplatten für dieselbe vollkommen ausreicht. Gleichwohl stösst der Versuch, solche zu verwenden, auf manche Schwierigkeiten, hauptsächlich, weil es nicht leicht gelingt, sie in einer ganz befriedigenden Weise zu bewegen. Die photographische Aufzeichnung ist nämlich ganz vorzugsweise empfindlich gegen jede Unregelmässigkeit der Bewegung, welche in einem stoss- oder ruckweisen Vorrücken besteht, d. h. darin, dass die Geschwindigkeit während äusserst kleiner Zeittheilchen sich von ihrem Durchschnittswerth erheblich entfernt. Die Photographie zeigt jedes Verweilen durch eine intensivere, jedes Springen durch eine geschwächte Schwärzung an und verräth dadurch Ungleichförmigkeiten der Bewegung, welche bei einer gewöhnlichen chronographischen Curve noch kaum eine merkliche Deformation der Zeichnung ergeben würden. — In wünschenswerthester Weise wurde mir daher die Aufgabe erleichtert, als ich in den Besitz eines Bromsilberpapiers gelangte, dessen Empfindlichkeit der der Trockenplatten etwa gleich steht.[2] Hierdurch wurde es ermöglicht, einen zur Verfügung stehenden und den zu stellenden Anforderungen genügenden Bewegungs-

[1] Beim Niederschreiben dieser Arbeit stiess ich noch auf eine Notiz von Malassez (Sur quelques nouveaux appareils. *Archives de physiologie* etc. IIIme Série. t. VIII. 1886. p. 278), in welcher die Zumischung von Naphthalindampf zum Leuchtgase empfohlen wird, um sehr hell und weiss leuchtende Flammen (Albocarbonlicht) zu erhalten. Ich habe mit dieser Methode, welche voraussichtlich überall, wo es sich um die Photographie von Gasflammen handelt, sehr geeignet sein würde, noch keine Versuche gemacht.

[2] Ich bin Hrn. Prof. Tarchanow für die Mittheilung der Bezugsquelle dieses ausgezeichneten Praeparates zu Dank verpflichtet. Dasselbe ist die „Qualité B des Papier au gélatinobromure d'argent“ von D. Hutinet in Paris.

apparat, nämlich die Trommel des Baltzar'schen Kymographions, zu verwenden. Ausserdem ist mit der Verwendung des Papiers der grosse Vortheil verbunden, dass selbst eine bedeutende Anzahl von Versuchen sich mit einem unerheblichen Kostenaufwand ausführen lässt, während die Versuche bei Anwendung von Platten weit kostspieliger ausfallen.

Im Uebrigen ist nur wenig über die Ausführung des Photographirens zu sagen. Es ist nothwendig, nicht das ganze reelle Bild der Flamme auf die lichtempfindliche Fläche fallen zu lassen; man würde sonst unscharfe Zeichnungen erhalten, gerade wie wenn man auf berusster Trommel statt einer Spitze sich eines Schreibers bedienen wollte, welcher in einer Breite von mehreren Millimetern der Trommel anläge. Man bringt also einen verticalen Spalt so an, dass die Mitte des Bildes auf ihn fällt und der Mantel der Trommel unmittelbar hinter ihm sich befindet. Eine Spaltbreite von 0·25 ^{mm} fand ich zweckentsprechend; durch Verbreiterung könnte man die Schwärze der Bilder steigern, aber auf Kosten der Schärfe. Als Objectiv war natürlich ein möglichst lichtstarkes (schnell arbeitendes) zu wählen, während an die Bildgrösse keine erhebliche Anforderung gestellt ist. Ich arbeitete stets mit einem sog. Portrait-Doppel-Objectiv der Rathenower optischen Industrieanstalt, System III von 19 Linien Oeffnung und $3^3/_8$ Zoll Brennweite. Die Abstände wurden so gewählt, dass die Flammen nur wenig (etwa im Verhältniss 3 : 1) verkleinert dargestellt wurden.

Das Kymographion, das photographische Objectiv und der Brenner, welcher die Pulsflamme lieferte, erhielten eine feste Aufstellung. Zum Zwecke richtiger Einstellung wurde am Kymographion eine mattgeschliffene Glastafel so befestigt, dass ihre matte Fläche den Trommelmantel genau berührte, sodann wurde die Trommel entfernt und die Einstellung durch Verschiebung des Objectivs bewirkt, endlich auch die matte Glasplatte entfernt und an ihrer Stelle der den Spalt enthaltende Schirm befestigt.

Bei der Ausführung der Versuche wurde dann eine grosse Kiste über das Kymographion gestürzt, welche nur durch einen kleinen Ausschnitt das Licht der Flamme auf den Spalt fallen liess, von allen übrigen Seiten aber die Trommel vor Lichtzutritt schützte. Auch dieser Ausschnitt konnte durch einen lichtdichten Schieber verschlossen werden, ebenso ein anderer, welcher gestattete, von aussen her die Trommel in Gang zu setzen und zu arretiren.

Bei der Ausführung der Versuche wurde so zu Werke gegangen, dass im ganz verdunkelten und nur durch die Rubinglaslampe erhellten Raum die Trommel mit einem Streifen Bromsilberpapier (4 bis 5 ^{cm} hoch) bespannt und eingesetzt wurde. Nachdem die Kiste dann übergestürzt war, wurden die Glasflammen entzündet und der Versuch im Uebrigen fertig gestellt. Im passenden Augenblick wird der Schieber geöffnet, gleichzeitig

die Trommel in Gang gesetzt. Nach Schluss des Versuches musste die Gasflamme wieder gelöscht werden, um die Trommel herauszunehmen. Das photographische Bild kann dann sofort, oder, in lichtdichter Kapsel aufbewahrt, beliebig später entwickelt und fixirt werden.[1]

Die Geschwindigkeit der Kymographion-Trommel ist nicht hinreichend gleichmässig, um eine Zeitschreibung entbehrlich zu machen. Um eine solche anzubringen, bediente ich mich einer zweiten Flamme, welche etwas tiefer als die Pulsflamme aufgestellt war, so dass ihr Bild etwas höher auf denselben verticalen Spalt fällt.[2] Diese Flamme, sie mag kurz die Zeitflamme heissen, wird mittels einer Stimmgabel in Oscillation versetzt. Zu dem Zwecke ist an ihren Brennerraum eine Marey'sche Kapsel angesetzt, deren Membran mittels eines Fadens mit der Zinke einer Stimmgabel verbunden und so in Oscillation versetzt wird. Die Stimmgabel machte 24·6 Schwingungen pro Secunde und wurde natürlich auf elektromagnetischem Wege in Thätigkeit erhalten.

Zur Charakterisirung der Methode lege ich schliesslich die Zeichnung Fig. 2 Taf. IV vor, welche die unbewegte Pulsflamme und die Zeitschreibung enthält.

Ich bemerke noch, dass der Rand, welcher in der Tafel oben ist, der Spitze der Flamme entspricht, also auch die Erhebung der Flamme als Erhebung dieser oberen Grenzlinie dargestellt ist; ferner dass die Zeichnungen sämmtlich von rechts nach links zu lesen sind.

Die Methode, welche ich soeben beschrieben habe, mag als Gas-Tachographie bezeichnet werden. Denn es scheint mir zweckmässig, die Bezeichnung der Sphygmographie auf die Aufzeichnung der Druckpulse einzuschränken und auch durch die Differenz der Namen bereits anzudeuten, dass in unserem Falle ein anderer Vorgang dargestellt wird. Es wäre erfreulich, wenn man sich entschlösse, auch die Volumpulse nicht mehr als Sphygmogramme zu bezeichnen, sondern, wie es Fick bereits thut, das Plethysmogramm dem Sphygmogramm gegenüber zu stellen. Sphygmogramm, Plethysmogramm und Tachogramm unterrichtet uns in verschiedener Art und jedes nur theilweise über den allgemeinen Vorgang der Pulswelle.

---

[1] Es würde bequemer sein, und wird wohl auch gelingen, die ganze Trommel zum Zwecke derartiger Versuche nach Art einer photographischen Cassette einzurichten, und sie mit einer an ihr selbst befestigten lichtdichten Kapsel zu versehen. Die Versuche könnten dann ganz im hellem Zimmer ausgeführt werden und es hätte nur die Bespannung der Trommel sowie die Verarbeitung der Bilder im Dunkelzimmer zu geschehen; doch bin ich noch nicht dazu gelangt, mir eine solche Einrichtung, die jedenfalls nicht ganz einfach sein könnte, zu verschaffen.

[2] Da die Flamme natürlich nicht genau senkrecht unter der anderen stehen kann, so steht sie dem Objectiv einige Centimeter näher. Ihr Bild ist somit kein ganz scharfes, was aber in Anbetracht des Spaltes nichts schadet.

Die Gas-Tachographie ist von den sphygmographischen Methoden durch eine Anzahl ihr eigenthümlicher Vorzüge sowohl als Nachtheile unterschieden. Zu den letzteren gehört es, dass sie relativ umfangreiche Apparate und Vorbereitungen erfordert und dass sie nicht, wie die gewöhnliche graphische Methode gestattet, die Curven sogleich zu sehen, während sie aufgezeichnet werden, was oft störend ist. Erst wenn der ganze Versuch zu Ende und die Photographie entwickelt ist, sieht man, was man erhalten hat, und bemerkt dann oft zu spät, dass irgend eine Störung stattgefunden hat.

Noch einer Schwierigkeit unserer Methode ist hier zu gedenken. Auch ihr droht als lästige Fehlerquelle jede auch nur minimale Bewegung der ganzen Extremität gegen den Cylinder. Solche werden allerdings, da im Inneren des Cylinders nur äusserst geringe Druckschwankungen stattfinden, nicht durch die Pulsbewegung selbst veranlasst, dagegen können sie leicht durch kleine zufällige Bewegungen der Versuchsperson bewirkt werden. Solche Bewegungen bewirken eine unregelmässige Entstellung der einzelnen Curven und können daher sehr leicht erkannt werden, ebenso wie andererseits die tadellose Regelmässigkeit der erhaltenen Zeichnung das Fehlen solcher Störungen hinlänglich beweist. Eine gewisse Sicherung hiergegen liegt in der Aufhängung des Cylinders, wie sie von Mosso geübt wird, doch genügt dieselbe keineswegs, um die Ausschliessung von Störungen stets zu sichern. Bei Beobachtung an der unteren Extremität bin ich, auch bei liegendem Cylinder, nie auf Schwierigkeiten gestossen. Auch bei Einschliessung von Hand und Unterarm erhielt ich selbst von ganz ungeübten Personen, namentlich bei hängendem Cylinder, meist ganz gute Curven. Am meisten Schwierigkeit fand ich bei der Einschliessung des ganzen Armes; die ungewohnte, horizontal gestreckte Haltung scheint hier vorzugsweise zu Muskelanstrengung zu führen, welche sich durch ein unregelmässiges Erzittern der Flamme kundgeben. Zuletzt habe ich deswegen hier einen sehr leichten Cylinder aus dünnstem Blech angewandt und den Arm sammt Cylinder frei herabhängen lassen.

Diesen Uebelständen stehen aber grosse Vorzüge gegenüber. Sie bestehen vor allem darin, dass ein ganz praecise angebbarer hydraulischer Vorgang, die Stromstärke an einer bestimmten Stelle des Arterienrohres, zur Darstellung gelangt, und zwar mittels eines äusserst prompt arbeitenden Registrirapparates, der eine Täuschung durch Eigenschwingungen oder träge Einstellung ausschliesst. Die Methode ist ferner, was von grossem Vortheil ist, bequem sowohl auf die untere als die obere Extremität anwendbar. Da man beliebig grössere oder kleinere Abschnitte jeder Extremität in plethysmographische Gefässe einschliessen kann, so gelingt es, die Curve der Stromstärke an höher und tiefer gelegenen Stellen der Arterien zu er-

mitteln; man ist hier weit weniger beschränkt als bei der sphygmographischen Methode, welche an eine günstige oberflächliche Lagerung des betreffenden Arterienstückes gebunden ist.

Zu erwähnen ist ferner, dass man von kleinen zufälligen Verschiedenheiten in der Application des Apparates völlig unabhängig ist. Und hiermit hängt es zusammen, dass die Methode auch zu quantitativen Bestimmungen in gewissen Richtungen tauglich ist, ein Punkt, auf den im vorletzten Abschnitt zurückzukommen sein wird.

III.

Ich schreite nunmehr zur Mittheilung einiger mit der auseinandergesetzten Methode erhaltener Resultate. Und zwar gebe ich in den Figg. 3—6, Taf. VI Curven der Stromstärke hoch am Oberschenkel (3), in der Mitte des Unterschenkels (4), Mitte des Oberarmes (5) und unter dem obersten Drittel des Unterarmes (6). Die Curven gehören sämmtlich demselben Individuum, einem 28 jährigen Manne, Kp., an; sie sind unmittelbar nacheinander aufgenommen und zwar Nachmittags, 1 bis 2 Stunden nach dem Essen. Da die Vergleichung mit den Druckpulsen ja von besonderem Interesse ist, so stelle ich eine Reihe solcher daneben, welche demselben Individuum angehören (Taf. V, Fig. 7—11); allerdings sind sie nicht gleichzeitig mit den Geschwindigkeitspulsen aufgenommen, was nicht wohl anging, wohl aber zu entsprechender Tageszeit. Es ist auch nicht möglich, die Druckpulse von genau derselben Stelle zu nehmen, woran Geschwindigkeitspulse beobachtet sind; doch ist dies, wie sich gleich herausstellen wird, nicht von grossem Belang. Von den Druckpulsen sind die der Radialis (Fig. 7), brachialis (Fig. 8) und pediaea (Fig. 9) mit einem Dudgeon'schen Sphygmographen geschrieben, Carotis (Fig. 10) und femoralis (Fig. 11) mittels Transmissionssphygmographen. In allen Fällen habe ich eine Zeitschreibung hinzugefügt, was für einen genauen Vergleich ganz unerlässlich ist. Bei dem Transmissionssphygmographen hat das natürlich gar keine Schwierigkeit; bei dem Dudgeon'schen konnte ohne zu grosse Unbequemlichkeit über die pulsschreibende Nadel noch die Schreibspitze eines Pfeil'schen Chronographen, der durch ein Metronom in Bewegung gesetzt war, applicirt werden. Diese letzteren Sphygmogramme zeigen daher über der Pulscurve Secundenmarken; die ersteren darunter die chronographische Curve, welche $\frac{1}{24 \cdot 6}$ Secunden markirt.

Wir sind nun hierdurch im Besitz einer relativ vollständigen Topographie der ganzen Wellenbewegung, welche namentlich insofern inhaltreicher als alle früheren ist, als auch die Stromstärken zur Kenntniss gelangen. Dieselbe gilt zunächst nur für einen bestimmten physiologischen

Zustand. Auf den ersten Blick springt nun in die Augen, bei den Arterien den unteren Extremität noch mehr als bei denjenigen der oberen, dass der Strompuls vom Druckpuls sehr verschieden ist. Zwar zeigt sich überall ein starker Dicrotismus. Während aber die Sphygmogramme in bekannter Weise die dicrotische Erhebung als einen Höcker in dem nahezu gleichmässig sinkenden Theile der Curve praesentiren, zeigen die Stromcurven stets nach der Hauptspitze eine tiefe Einsenkung, dieser folgt die sehr starke dicrotische Erhebung und die Curve schliesst mit einer Höhe, welche bei dem Unterarmpulse am wenigsten, bei dem des Oberarmes deutlicher, bei dem der unteren Extremität am ausgeprägtesten über dem Niveau jener tiefsten Einsenkung liegt. Es ist also hieraus zu folgern, dass zunächst in demjenigen Theil, welcher der Hauptspitze folgt, Stromcurven und Druckcurven sich stark und regelmässig von einander unterscheiden.

Die Stromcurve für die Arterien des Unterarmes stimmt mit der von Fick für die Art. rad. construirten in den Hauptzügen gut überein, wenn auch in den Details manche Abweichungen stattfinden.

Bemerkenswerth ist ferner, dass die Stromcurven der Extremitätenarterien, wie sie hier dargestellt sind, sehr ähnlich der seit lange bekannten Stromcurve sind, welche Chauveau für die Carotis des Pferdes mittels seines Haemotachographen erhalten hat. Ich bilde dieselbe in Fig. 12 Taf. V ab. Doch ist die Uebereinstimmung keineswegs eine vollständig genaue, wie denn die Stromcurven der verschiedenen Arterien des Menschen ja auch untereinander durchaus nicht ganz gleich sind.

Das starke Sinken der Stromcurve, welches nicht von einem entsprechenden Sinken des Druckes begleitet ist, zeigt, wie ich auseinandergesetzt habe,[1] eine periphere Reflexion an, und zwar eine positive, d. h. solche, bei welcher der Wellenberg als Wellenberg reflectirt wird, wie es an verschlossenen Stellen stattfindet.

Ueber diesen sehr einfachen Schluss beabsichtige ich für den Augenblick nicht hinauszugehen; die genauere theoretische Verwerthung der Tachogramme und namentlich ihres Vergleiches mit den Sphygmogrammen soll einer demnächst folgenden weiteren Abhandlung vorbehalten bleiben, da sie von gewissen Untersuchungen und eingehenden Erörterungen über die physikalischen Verhältnisse des Gefässsystemes nicht wohl getrennt werden kann.

Dagegen will ich zunächst dem, was der Augenschein lehrt, noch einige Ergebnisse hinzufügen, die bei genauerer Betrachtung der vorgelegten Curven und Ausmessung ihrer zeitlichen Verhältnisse gewonnen werden, sodann noch einiges weitere Beobachtungsmaterial mittheilen.

---

[1] Ueber die Beziehungen zwischen Druck und Geschwindigkeit u. s. w. A. a. O.

Von den bisher erwähnten Curven zeigt nur die vom Unterarm herrührende zwischen Hauptspitze und dicrotischer Erhebung noch eine Zwischenspitze, welche man der bekannten Spitze des Sphygmogrammes parallelisiren könnte, die Landois als Elasticitätselevation bezeichnet. Ich muss indessen bemerken, dass auch die Oberarmcurven dieselbe zuweilen sehr deutlich enthalten, und dass sie zumeist, wenn auch nur andeutungsweise, auch in den Curven des ganzen Beines zu sehen ist, als ein leichter Höcker in der von der Hauptspitze scharf absteigenden Linie. Doch scheinen gerade die Verhältnisse dieses Zwischenschlages am meisten variabel zu sein. Einige Beachtung verdienen sodann die kleinen Spitzen, welche sich nach der dicrotischen Erhebung noch finden. Dieselben sind in einem Theile der Unterarmcurven mit grosser Deutlichkeit ausgeprägt. — Man kann bei der Beobachtung der Flamme mit freiem Auge in der Regel neben dem Hauptschlage noch die zweite Erhebung und die 2 bis 3 kleinen Nachschläge deutlich sehen.

Um die zeitlichen Verhältnisse der verschiedenen Tachogramme und Sphygmogramme einigermaassen zahlenmässig zu charakterisiren, habe ich die zeitlichen Abstände der wichtigsten Punkte von dem Wellenanfang bestimmt, und zwar der Hauptspitze, ferner des Anfangs und der Spitze der stärksten secundären Erhebung.

Ich erhalte so folgende Uebersicht. Es ist dabei zu bemerken, dass jede Zahl das Mittel aus 5 bis 6 Einzelmessungen darstellt; natürlich wurde zu solchen stets ein in tadelloser Regelmässigkeit verlaufendes Stück der Curve gewählt.

I. Tachogramme.

Es liegt nach dem Anfang der Welle, in Hundertsteln Secunden:

	Die Hauptspitze	Der Anfang der secundären Erhebung	Die Spitze der secundären Erhebung
Femoralis	10	27	43
Mitte des Unterschenkels . .	9	25	46
Mitte des Oberarms	9	25	38
Unterarm	8	25	35

II. Sphygmogramme.

Es liegt nach dem Anfang der Welle in Hundertsteln Secunden:

	Die Hauptspitze	Der Anfang der secundären Erhebung	Die Spitze der secundären Erhebung
Femoralis	8	33	45—50
Dorsalis pedis	?	32	48
Brachialis	6	27	39
Radialis	10	28	40
Carotis	5	26	34

Es muss hier bemerkt werden, dass keine der Zahlen auf mehr als 2 bis 3 Hundertstel Secunde sicher angesehen werden kann. Insbesondere aber ist bei den Sphygmogrammen von der unteren Extremität die secundäre Erhebung von so abgerundeter Form, dass die Bestimmung derselben recht unsicher wird, und vielleicht noch grössere Fehler einschliesst. Der abgerundete Hauptgipfel des schwachen Pediaea-Pulses gestattet eine Bestimmung seiner Hauptspitze nicht. Aus dieser Uebersicht können jedenfalls zwei Thatsachen entnommen werden. Erstens sind die Gipfel der stärksten secundären Erhebung im Tachogramm sehr nahezu gleichzeitig mit der analogen Stelle am Sphygmogramm; doch scheinen sie, wenn auch äusserst wenig, doch deutlich früher zu sein. Es folgt hierauf der centrifugale Verlauf der secundären Welle. Zweitens zeigen die Tachogramme noch praeciser als die Sphygmogramme, dass die Pulswelle in verschiedenen Theilen des Arteriensystems verschieden ist. Die dicrotische Spitze liegt in dem Pulse der unteren Extremität jedenfalls später als in dem der oberen. Am frühesten liegt der secundäre Gipfel in der Carotis.

Beachtenswerth scheint mir ferner, dass die secundäre Erhebung in den Strompulsen viel stärker als in den Druckpulsen zum Ausdruck kommt; sie ist, im Vergleich zur Haupterhebung bei jenen viel bedeutender. Die Höhen sind nämlich etwa folgende:

	Primäre	Secundäre
	Erhebung der tachographischen Curve in Mm.	
Oberschenkel . . .	15	10—12
Unterschenkel . . .	6—7	5—6
Oberarm	12—13	4·5—5
Unterarm	8—8·5	3—3·5

Als Höhe der secundären Erhebung ist hier die Erhebung der Spitze über denjenigen Punkt gemessen, an welchem die secundäre Welle einzusetzen scheint. Betrachtet man in gleicher Weise z. B. den Druckpuls der Radialis, so findet man, dass der dicrotische Gipfel sich hier kaum um mehr als 1 ^{mm} von der gerade ausgezogenen Linie abhebt, während die Hauptwelle etwa eine Erhebung von 5 ^{mm} zeigt. Aehnlich ist das Verhältniss auch bei den Femoralis-Pulsen.

Um ein Bild von der Constanz bez. Variabilität der Strompulse zu geben, theile ich zunächst eine Anzahl Curven mit, welche von derselben Person an verschiedenen Tagen und zu verschiedenen Tageszeiten erhalten wurden.

In den Vormittagsstunden sind aufgenommen die Curven 7 (21. II. 87), 8 (24. II. 87) und 9 (25. II. 87); in den Nachmittagsstunden (ca. 3 Uhr)

ausser den oben besprochenen 3 bis 6 noch 10 (15. II. 87) und 11 (21. II. 87). Alle diese Curven 7 bis 11 beziehen sich auf den Unterarm. Die Curven 8 und 6, ebenso 7 und 11 zeigen Vor- und Nachmittagspulse von demselben Tage. Man wird bemerken, dass die Curven im Ganzen sehr gleichartig erscheinen.[1] Ein Unterschied findet hauptsächlich bezüglich der kleineren Erhebungen statt. Der der sogen. Elasticitätselevation entsprechende Zwischenschlag ist in Fig. 7, 9 und 11, ebenso wie in Fig. 6, ungemein deutlich, in anderen dagegen, wie 8 und 10 ist nur eben eine leichte Unebenheit in der absteigenden Linie des Hauptgipfels zu bemerken.[2] Die kleinen Spitzen des Endstückes sind in Fig. 13 besonders deutlich. Auch die Messung der zeitlichen Verhältnisse ergiebt keine beträchtlichen Differenzen. Der Abstand zwischen Hauptspitze und secundärer Spitze betrug für das Tachogramm Fig. 6 0·27 Secunden. Die entsprechenden Werthe sind für die Vormittagscurven Figg. 7 bis 9 bezw. 0·27; 0·26; 0·26; für die Nachmittagscurven Fig. 10, 11 bezw. 0·27 und 0·28 Secunden.

Auch der Zwischenschlag hat, wo er deutlich ausgeprägt ist, ein nahezu constantes zeitliches Verhältniss zu dem übrigen Theil der Welle. Wir finden seinen Abstand von der Hauptspitze in Fig. 7 = 0·12 Secunden, in Fig. 11 = 0·13 Secunden, in Fig. 9 = 0·12 Secunden.

Aus den gemachten Vergleichungen ist zu folgern, dass die Strompulse zwar gewiss durch die Verschiedenheit physiologischer Zustände merklich beeinflusst werden, doch aber diese Differenzen meist sehr geringe sind. Meine Erfahrungen reichen daher vorläufig nicht aus, um nach dieser Richtung bestimmte Regeln aufzustellen. Es wird erst Sache einer eigenen Versuchsreihe sein müssen, die Variabilität der Strompulse und ihre Abhängigkeit von verschiedenen Umständen zu eruiren. Ich kann indessen schon jetzt erwähnen, dass ein solches Unternehmen auf erhebliche Schwierigkeiten stösst; einige Vorversuche zeigten mir, dass selbst ein ganz gewaltiger willkürlicher Eingriff in den Kreislauf (die Verschliessung beider Femoralarterien durch elastische Einwickelung der Oberschenkel) die Strompulse des Unterarmes wenigstens in der Form kaum merklich verändert. Auch für den Oberarm scheint die Sache nicht erheblich anders zu liegen.

Von diesem zeigt Fig. 12 eine Curve aus den Vormittagsstunden (am 24. III. 87), welche mit Fig. 5 sehr nahe übereinstimmt.

---

[1] Fig. 11 sieht nur deswegen auf den ersten Blick etwas verschieden aus, weil die Flamme im Ganzen höher war; die Form des oberen Randes, welche eigentlich das Tachogramm ist, unterscheidet sich von Fig. 7 kaum merklich.

[2] Man könnte glauben, dass diese Differenzen durch die ungleiche Geschwindigkeit der Schreibfläche vorgetäuscht wären. Doch ist das zweifellos nicht der Fall. Die Geschwindigkeit beträgt vielmehr in Fig. 10 14·64 ^{mm} per Secunde, in Fig. 11 nur 13·8 ^{mm}; gleichwohl ist es die letztere Curve, welche den Zwischenschlag deutlich zeigt, während er bei der ersteren fehlt.

Ich wende mich zu der Besprechung einiger Versuche, welche an anderen Personen angestellt sind. Dem leitenden Gesichtspunkten der ganzen Untersuchungen entsprechend betrafen dieselben hauptsächlich Strompulse am Unterarm und Sphygmogramme von Radial- und Brachialarterien. Man findet von Hrn. Stud. F. in Fig. 13, Taf. VI das Tachogramm des Unterarmes, in Fig. 13 und 14 (Taf. V) Radialis- und Brachialis-Sphygmogramme; von Hrn. Stud. R. in Fig. 14 (Taf. VI) Unterarm-Tachogramme, in Taf. V, Fig. 15 Sphygmogramme der Radialis; und endlich von Hrn. Stud. J. in Fig. 15 und 16 der Taf. VI Tachogramme des Unter- und Oberarmes, in Fig. 16 und 17 der Taf. V Sphygmogramme von Radialis und Brachialis. Dass die Curven mit den früher mitgetheilten im Wesentlichen übereinstimmen, lehrt der Augenschein. Um zu sehen, ob auch die zeitlichen Beziehungen die gleichen sind, habe ich eine Anzahl Messungen ausgeführt. Als Abstand der secundären Spitze von der Hauptspitze finde ich:

bei Hrn. F.

Tachogramm 32,
Sphygmogramm der Radialis 34,
Desgl. der Brachialis . . . 36 Hundertstel Secunden.

bei Hrn. R.

Tachogramm 33,
Sphygmogramm der Radialis 33 Hundertstel Secunden.

endlich bei Hrn. J.

Tachogramm des Unterarmes 28,
Desgl. des Oberarmes . . 27,
Sphygmogramm der Radialis 30,
Desgl. der Brachialis . . . 30 Hundertstel Secunden.

Es zeigt sich also auch hier, dass der secundäre Gipfel im Tachogramm entweder ganz wenig oder gar nicht früher liegt, als der im Sphygmogramm. Ferner ist wichtig, dass im Sphygmogramm der Radialis und Brachialis ein constanter Unterschied bezüglich des secundären Gipfels nicht hervortritt.

IV.

Eine genaue theoretische Verwerthung unserer Tachogramme hat u. A. auch die Frage in Betracht zu ziehen, ob die Flammenhöhen den jeweiligen Stromstärken genau proportional sind oder etwa nach irgend einem anderen Functionsverhältniss mit ihnen anwachsen. Es wurde hierdurch wünschens-

werth, eine Reihe von Versuchen über die Abhängigkeit der Flammenhöhe von der Ausströmungsgeschwindigkeit des Gases auszuführen. Solche Versuche sind auf meine Veranlassung angestellt worden;[1] sie zeigten, dass innerhalb gewisser Grenzen eine solche Proportionalität mit grosser Annäherung stattfindet.

In den Ergebnissen dieser Versuche war nun zugleich eine Graduirung unseres Beobachtungsapparates gegeben, welche es nahe legte, die Methode zu einer quantitativen Auswerthung der Pulswelle auszubilden. Zu erstreben war hierbei, dass für jede individuelle Pulswelle an einer bestimmten Stelle der Gefässbahn eine in bestimmten Einheiten ausgedrückte und somit durchweg vergleichbaren Angabe erhalten würde. Ueberblickt man die verschiedenen bisher gebräuchlichen Methoden der Pulsbeobachtung, so bemerkt man, wie wenig dieselben einer solchen Aufgabe gewachsen sind. Die sphygmographische Curve könnte durch die Höhe ihrer Erhebung uns ein Bild von der im Arterienrohr stattfindenden Druckschwankung liefern. Indessen ist die sphygmographische Curve von der Application des Instrumentes so sehr, namentlich quantitativ, abhängig, dass eine solche Verwerthung ziemlich ausgeschlossen ist; noch weniger kann es gelingen, etwa von der Differenz der Pulsgrösse verschiedener Individuen auf diesem Wege eine Vorstellung zu erlangen, da die besonderen Verhältnisse der Haut und des Fettgewebes, sowie kleine Differenzen in der Lagerung der Arterien auf die Höhe der Sphygmogramme von grossem Einfluss sind. Demgemäss ist es ein Resultat von sehr zweifelhaftem Werthe, wenn wir durch empirische Graduirung eines Sphygmographen ermitteln, dass bei der Aufzeichnung einer bestimmten Pulscurve der auf die Pelotte ausgeübte Druck, sagen wir zwischen 150 und 160^{grm} schwankte. Die Druckzunahme um 10^{grm}, welche der Erhebung der Pulslinie entspricht, giebt keine Vorstellung von der entsprechenden Zunahme des hydrostatischen Drucks im Arterienrohr.

Die Beobachtung der Volumpulse scheint auf den ersten Blick in dieser Hinsicht erheblich zuverlässiger. Doch darf, wie ich oben auseinandergesetzt habe, auch bezüglich dieser bezweifelt werden, ob sie selbst in der ursprünglich von Fick benutzten Form quantitativ genaue Ergebnisse liefern. In noch höherem Grade gilt dieser Zweifel, wenn die Volumpulse mittels eines Tambours registirt werden. Denn der Tambour ist ein Apparat, an welchem die Spannung der Membran, Trägheitsmoment des Hebels u. s. w. nicht in durchgängig gleichmässigem Maasse hergestellt werden können; überdies hängen die Ergebnisse in hohem Maasse davon ab, zu welchem Theile man den Aermel mit Wasser bez. Luft füllt. — Die Gas-Tachographie gestattet nun ohne Schwierigkeit eine

---

[1] Von Hrn. Cand. med. Thoma, der an anderer Stelle darüber berichten wird.

Ermittelung darüber, wie viel das Maximum der arteriellen Stromstärke über dem Mittelwerthe liegt. Es empfiehlt sich aber, zu diesem Zwecke die Methode einigermaassen zu modificiren; man muss nämlich eine so weite Oeffnung nehmen, dass auch ohne Nebenausfluss die Bewegung der Flammenhöhe der arteriellen Stromstärke genau entspricht. Die photographische Aufzeichnung wird unter diesen Umständen misslich, weil, wie oben erwähnt, die Flamme leicht zittert. Dieselbe ist aber für den vorliegenden Zweck auch überflüssig, weil es sich nur darum handelt, zu beobachten, wie hoch die Flammenspitze heraufzuckt. Das gelingt mit freiem Auge sehr gut, wenn man die Flamme in einem mit einer Theilung versehenen Cylinder brennen lässt. Die Methode gestaltet sich demnach folgendermaassen. Eine bestimmte Brennspitze wird graduirt, d. h. es wird bestimmt, welche Gasströme Flammenhöhen von je 1, 2, 3 . . . . ^{cm} entsprechen. Betrachtet man als Einheit der Stromstärke diejenige, bei welcher 1 ^{cbcm} per Sec. abfliesst, so findet sich z. B., dass die Erhebung der Flammenspitze von 3 auf 6 ^{cm} einer Steigerung von 2·5 Stromeinheiten entspricht. Soll nun diese Spitze zu dem angegebenen Zwecke benutzt werden, so wird zunächst die Leitung, welche sie mit dem Plethysmographen-Aermel in Verbindung setzt, verschlossen und der Gaszufluss so geregelt, dass die Flamme genau 3 ^{cm} Höhe hat. Alsdann wird, nachdem der zu untersuchende Körpertheil, am besten die Hand nebst den unteren zwei Dritteln des Unterarmes, in den Aermel eingeschlossen ist, die Verbindung geöffnet.[1] Bei verschiedenen Individuen ist die Höhe, bis zu welcher die Flamme nun zuckt, sehr verschieden; sie geht von etwa 4 bis 10 ^{cm}. Die Genauigkeit der Methode ist, wie ich gleich erwähnen muss, eine beschränkte, weil die einzelnen Pulse nicht ganz gleich hoch werden, sondern hauptsächlich in Folge der Athmung etwas variiren. Das zu entnehmende Resultat beruht also auf der Schätzung eines Mittels und kann demgemäss nur etwa auf 3 bis 4 ^{mm} als sicher angesehen werden. Nichtsdestoweniger genügt die Methode, um individuelle Verschiedenheiten sehr deutlich zur Anschauung zu bringen und auch, was wohl noch wichtiger ist, um die Schwankungen in der Pulsstärke eines und desselben Individuums zu verfolgen. Aus diesem Grunde glaube ich, dass die Methode sich zur Einführung in die Praxis wenigstens der Krankenhäuser in hohem Grade eignet.

Was nun die Werthe anlangt, welche auf diese Weise erhalten werden, so ist der Betrag des Strompulses, wenn wir die Differenz zwischen Maximal- und Mittelwerth kurz so bezeichnen wollen, zwischen oberstem und mittelstem

[1] Auch hier muss natürlich die Störung der Beobachtung durch zufällige Bewegungen des Arms vermieden werden. Am besten wendet man, wie erwähnt, einen sehr leichten Cylinder an und lässt den Arm sammt dem Cylinder frei herabhängen.

Drittel des Unterarmes, bei verschiedenen Individuen gleich 2—2 Stromeinheiten (Cbcm. per Secunde) in der Mitte des Oberarms gleich 6—8 Stromeinheiten gefunden worden.

Es wird noch zu bemerken sein, dass diese Zahl als quantitatives Maass für die Pulsstärke natürlich nur in ganz bestimmter Beziehung anzusehen ist, da es ja überhaupt selbstverständlich unmöglich ist, die ganze Pulswelle quantitativ durch eine Angabe zu bestimmen. Immerhin wird die vorliegende Angabe, da sie die Hauptwelle in einer wichtigen Beziehung charakterisirt, nicht ohne Werth sein.

V.

Im Anschluss an die obigen Mittheilungen möchte ich noch kurz einige Versuche erwähnen, welche die Darstellung des Druckpulses mittels Gasflamme zum Gegenstande hatten. Die Anwendung der Gasflamme als Sphygmoskop ist nicht neu, sondern von Landois[1] und Klemensiewicz[2] schon beschrieben worden, doch ist hier, so viel ich weiss, eine photographische Aufzeichnung der Flammenbewegung nicht geschehen. Wenn man eine solche vornimmt, so muss beachtet werden, in welcher Weise die Flamme die Bewegung der Arterienwand wiedergiebt. Setzt man auf die Arterie die Gummimembran einer Marey'schen Kapsel auf, durch welche das Gas hindurchgeht, so ist der betreffende Hohlraum allemal sehr klein und die Flammenhöhen entsprechen also nicht den jeweiligen Stellungen, sondern den jeweiligen Geschwindigkeiten der Arterienwand. Das Gleiche gilt auch von dem Landois'schen Verfahren. Man kann daher erwarten, Curven zu erhalten, welche mit der gewöhnlichen sphygmographischen Curve nicht identisch sind, sondern vielmehr aus ihr in ähnlicher Weise erhalten werden, wie die Stromcurven aus den Volumpulsen.

Da die Geschwindigkeit, mit welcher der Druck ansteigt, nicht einem einfach zu bezeichnenden Vorgange entspricht, so will ich die Curve, welche der Flammensphygmograph liefert, als differenzirte sphygmographische Curve bezeichnen. Dass diese in der That von dem richtigen Sphygmogramm ganz verschieden ist, bestätigt der Versuch. Ich theile in Fig. 15 einen Carotispuls von mir selbst, in Fig. 16 einen Femoralispuls desselben Mannes mit, von welchem das Femoralissphygmogramm Fig. 11 (Taf. V) herrührt. Es bedarf übrigens kaum des Vergleiches mit einer bestimmten Curve, um zu sehen, dass wir hier keine richtigen Sphygmogramme vor uns haben; dagegen ergiebt die Vergleichung, dass wir aus den Sphygmo-

[1] Landois, *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.* 1870.

[2] Klemensiewicz, *Untersuchungen aus dem Institut für Physiologie und Histologie in Graz.* 1873.

grammen durch Differenzirung Curven ableiten können, welche denen des Gassphygmographen recht gut entsprechen. Hieraus ist also auch zu folgern, dass aus dem „Dicrotismus“, welchen das Gassphygmoskop zeigt, auf den Dicrotismus des Pulses eigentlich nur dann hätte geschlossen werden können, wenn man unter dieser Bezeichnung beide Mal etwas verschiedenes versteht, das eine Mal nämlich ein nochmaliges Ansteigen der Flamme, das andere Mal ein vorübergehend weniger steiles Absinken in der Pulscurve. Ich habe geglaubt diese Dinge hier berühren zu dürfen, weil sie zeigen, wie unerlässlich selbst bei Anwendung an sich vortrefflicher Verfahrungsweisen eine genaue theoretische Kritik der Methoden ist; ausserdem zeigen sie, dass die Bewegung der Gasflamme hier in der That in der Weise erfolgt, wie es bei der Tachographie verlangt und angenommen wurde.

Erklärung der Abbildungen.

(Taf. V.)

Alle Zeichnungen von links nach rechts zu lesen.

Figg. 1—6. Volumpulse (Plethysmogramme) von Hand und den unteren zwei Dritteln des Unterarmes. Die Unterschiede der 6 Zeichnungen rühren von den Differenzen der Methode her; vgl. S. 261.

Fig. 7. Sphygmogramm der Art. radialis
Fig. 8. Sphygmogramm der Art. brachialis
Fig. 9. Sphygmogramm der Art. pediaea
Fig. 10. Sphygmogramm der Art. carotis
Fig. 11. Sphygmogramm der Art. femoralis
} eines 28 jährigen Mannes (Kp.).

Fig. 12. Tachogramm der Carotis des Pferdes nach Chauveau.

Fig. 13. Sphygmogramm der Art. radialis
Fig. 14. Sphygmogramm der Art. brachialis
} (Stud. F.).

Fig. 15. Sphygmogramm der Art. radialis (Stud. R.).

Fig. 16. Sphygmogramm der Art. radialis
Fig. 17. Sphygmogramm der Art. brachialis
} (Stud. J.).

(Taf. VI.)

Alle Zeichnungen sind von rechts nach links zu lesen.

Fig. 1. Bewegung der Flamme bei geringerem (*a*) und bei grösserem Widerstande des Abflusses aus dem Plethysmographen; die Curve *a* stellt den Strompuls dar, während *b* sich den Volumpulsen annähert.

Fig. 2. Unbewegte Pulsflamme und Zeitschreibung.

Figg. 3—16. Curven, welche den zeitlichen Verlauf der Stromstärke bei der Pulswelle darstellen (Tachogramme), und zwar

Fig. 3. Strompuls hoch am Oberschenkel
Fig. 4. Strompuls Mitte des Unterschenkels
Fig. 5. Strompuls Mitte des Oberarmes
Fig. 6. Strompuls unter dem oberen Drittel des Unterarmes
} von einem 28 jährigen Manne (Kp.).

Die Curven 3—6 gehören den Nachmittagsstunden desselben Tages an.

Figg. 7—11. Weitere Strompulse desselben Individuums, von derselben Stelle des Unterarmes wie Fig. 6. Dieselben gehören verschiedenen Tagen und Tageszeiten an (vgl. S. 276).

Fig. 12. Strompuls desselben Mannes; Mitte des Oberarmes; vor Mittag.

Fig. 13. Strompuls unter dem oberen Drittel des Unterarmes (Stud. F.).

Fig. 14. Strompuls unter dem oberen Drittel des Unterarmes (Stud. R.).

Fig. 15. Strompuls unter dem oberen Drittel des Unterarmes } (Stud. J.)
Fig. 16. Strompuls Mitte des Oberarmes }

Figg. 17 und 18. Aufzeichnungen von Druckpulsen mittels der Flamme [differenzirte Sphygmogramme (S. 281)]; Fig. 17 Carotis, Fig. 18 femoralis.

Studien über die Innervation der Athembewegungen.

Von

O. Langendorff
in Königsberg.

Achte Mittheilung.

Die Automatie des Athemcentrums.

Die einstmals lebhaft ventilirte Frage, ob das Athemcentrum automatisch oder reflectorisch thätig sei, wird gegenwärtig wohl von den Meisten im bejahenden Sinne beantwortet. Die Fundamente dieser Anschauung sind aber keineswegs so sicher, dass nicht auch die entgegengesetzte Raum finden könnte. Die bekannten Versuche von Rach und von Rosenthal hatten zu verschiedenen Ergebnissen geführt, und nach Rosenthal's Entgegnung ist v. Wittich bemüht gewesen, weitere Beweise für die schon von M. Hall, Schiff u. A. behauptete, von Volkmann durch gewichtige Ueberlegungen gestützte reflectorische Natur der Athembewegungen beizubringen.

Mich selbst veranlasste zur nochmaligen Prüfung die in der vorhergehenden siebenten Mittheilung erwähnte Abhandlung von Markwald. Obwohl der Verfasser zu dem Resultate gelangt, dass dem Athemcentrum ein gewisser Grad von Automatie zukomme, könnte ein Gegner der Automatie auf Grund seiner Versuche leicht zu einer gänzlichen Leugnung derselben Veranlassung nehmen. Denn wenn nach hoher Kopfmarkdurchschneidung, tiefer Abtrennung des Halsmarkes, Unterbindung der Nn. vagi, laryngei supp. und glossopharyngei, also nach möglichster Ausschaltung reflectorischer und psychischer Antriebe, nur noch ein bis drei Mal in der Minute erfolgende mit exspiratorischen Krämpfen abwechselnde Inspirationstetani übrig bleiben, die nicht einmal das Leben zu erhalten im Stande sind, so könnte mit Recht gefragt werden: ist das noch Automatie? Ist

dieser schwache Rest von Thätigkeit nicht vielleicht eher auf Reizungen von den Schnittflächen her, oder auf die spärlichen übriggebliebenen Hautnerven zu beziehen?

Ich möchte allerdings Beobachtungen dieser Art keinen all zu hohen Werth beilegen; ich bin vielmehr der Meinung, dass in Markwald's Versuchen der rudimentäre Charakter des Uebriggebliebenen auf die Schwere der nothwendigen operativen Eingriffe bezogen werden kann. Ich glaube, dass, wenn es gelänge, Reizung und Erschütterung von Nerven- und Centralmassen, Blutergüsse, stärkere Senkung des allgemeinen arteriellen Druckes, Schädigung der Herzkraft zu vermeiden — was völlig unmöglich erscheint — die Athmung trotz aller Eingriffe vielleicht in weit besserem Zustande zurückbleiben würde, als wie es thatsächlich der Fall ist. Viel zu viel Werth legen noch immer manche Experimentatoren bei Untersuchungen an der centralen Nervensubstanz auf den Ausfall von Functionen, während doch vorwurfsfreie Resultate nur von den positiven Fällen geliefert werden, d. h. denjenigen Fällen, in denen nach Ausschaltung dieser oder jener Theile die betreffende Function bestehen blieb. Wenn ich in sechs Fällen nach Fortnahme eines Hirn- oder Rückenmarktheiles eine Function erhalten bleiben oder wiederkehren sehe, und sie in hundert anderen Versuchen völlig erlischt, so beweisen mir, da der Grundsatz einer einheitlichen Organisation des nervösen Mechanismus angenommen werden muss, die letzteren gar nichts, die sechs positiven Fälle aber alles. Noch weniger wie das vollkommene Schwinden sollte die eingetretene Schädigung oder Insufficienz einer Function für die Bedeutung der fortgenommenen Theile beweisen.

Von diesen Grundsätzen ausgehend, habe ich die Frage nach der Automatie des Athemcentrums auf's Neue untersucht. Als Versuchsthier wählte ich den Frosch, an dessen Centralorganen die Hemmungs- und Shock-Erscheinungen und die schlimmen Folgen von Blutungen zwar nicht fehlen, doch weit geringer zu sein pflegen, wie bei den Warmblütern. Auch v. Wittich hatte seine späteren Versuche an diesem Thier angestellt. Liess sich für den Frosch die Automatie des Athemcentrums darthun, so war sie damit *a fortiori* auch für die höheren Wirbelthiere bewiesen, da doch wohl die Automatie als die höhere, die Reflexthätigkeit als die tiefere Entwickelungsstufe angesehen werden muss.

Der vorgezeichnete Weg der Untersuchung war folgender. Es mussten alle von höheren Centralorganen stammenden Impulse ausgeschaltet, der Einfluss der Nn. vagi so weit als möglich beseitigt, die von den Hautnerven kommenden Erregungen auf das möglichste Minimum beschränkt werden. Blieb danach noch eine einigermaassen lebhafte Athmung bestehen, so war deren Automatie sicher gestellt.

Ich entfernte also bei den Versuchsthieren (R. esculenta) das Grosshirn und das Mittelhirn, ich durchschnitt möglichst dicht unter dem Athmungscentrum das Mark und zerquetschte den peripheren Theil desselben, ich exstirpirte endlich die Lungen, einige Male auch das Herz. So blieb das Athmungscentrum oder das dessen wesentlichste Glieder enthaltende Kopfmark, isolirt fast von allen peripherischen und anderen Einflüssen, zurück.

Trotz aller dieser Eingriffe sah ich in zahlreichen Fällen eine regelmässige, tiefe, frequente, durchaus nicht krampfhafte Athmung zurückbleiben und viele Stunden fortdauern.

Ueber die Fortnahme der Lungen und des über der Med. oblongata gelegenen Gehirns habe ich nichts Besonderes anzuführen. Bezüglich der Durchschneidung hinter dem Kopfmark ist Folgendes zu bemerken. Sicher glückt der Versuch, wenn die Durchschneidungsstelle sich zwischen dem zweiten und dritten Wirbel, über dem Ursprung des zweiten Spinalnerven, des N. brachialis, befindet. Er glückt aber auch in vielen Fällen, wenn man im oder dicht hinter dem Atlas, noch über den Hypoglossuswurzeln, durchtrennt. Ich glaubte Anfangs, dass der N. hypoglossus etwas mit der Athmung des Frosches zu thun habe; ich habe mich aber später überzeugt, dass der Nerv beiderseits durchschnitten werden kann, ohne dass die Athmung merklich leidet. Jedenfalls betheiligt sich an der Innervation der Athmungsmuskeln des Frosches der N. vagus c. glossopharyngeo, bildet somit der Vaguskern einen Theil des Athmungscentrums. Eine noch wichtigere Rolle scheint aber dem N. facialis zuzufallen, so dass die für die Inspiration bedeutsamen Centraltheile am oberen und am unteren Ende des Kopfmarkes ihren Sitz haben dürften.[1]

Nach einer so vollständigen Isolation des verlängerten Markes, dass der ganze Rest des Centralnervensystems nur 5 mm maass, sah ich die Bewegungen des Mundbodens, das wechselnde Spiel der Nasenlöcher, die synchrone Oeffnung der Stimmritze fortdauern.[2]

---

[1] Heinemann (Virchow's *Archiv* u. s. w. 1861. Bd. XXII. S. 23) theilt in einer lesenswerthen Abhandlung Genaueres über die Athmungsmuskeln und Athmungsnerven des Frosches mit. Nach ihm kommen für die Kehlbewegungen die Mm. sterno- und omohyoidei, die petro- und geniohyoidei, endlich die mylohyoidei in Betracht. Diese Muskeln erhalten Fasern vom Facialis, Vagus (doch ist damit vermuthlich der N. glossopharyngeus gemeint) und Hypoglossus. Die Bewegungen der Nase und des Kehlkopfes, endlich die der Bauchmuskeln, welche letzteren vom ersten Spinalnerven versorgt werden, sind natürlich ausserdem von Bedeutung.

[2] Trotz mehrfacher Bemühungen ist mir eine nähere Localisation des Athmungscentrums nicht gelungen. Flourens, der in seinem Hauptwerk (*Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux.* Paris 1842. chap. XXV. p. 412) das Athemcentrum des Frosches wie das der höheren Wirbelthiere an den Vagusursprung verlegte, ist in einer späteren Mittheilung ganz anderer Ansicht. „Wenn

Ich habe öfters nach bekannten einfachen Methoden von der so erhalten gebliebenen Athmung Zeichnungen aufgenommen. Ich füge hier zwei solcher Curvenreihen bei, die von der normalen höchstens ungewöhnlich regelmässigen Beschaffenheit der Athmung Zeugniss ablegen mögen.

Bei Fig. 1 war nach Fortnahme des Grosshirnlappens und des Mittelhirns das Rückenmark vom zweiten Intervertebralraum an zerstört worden, die Lungen exstirpirt.

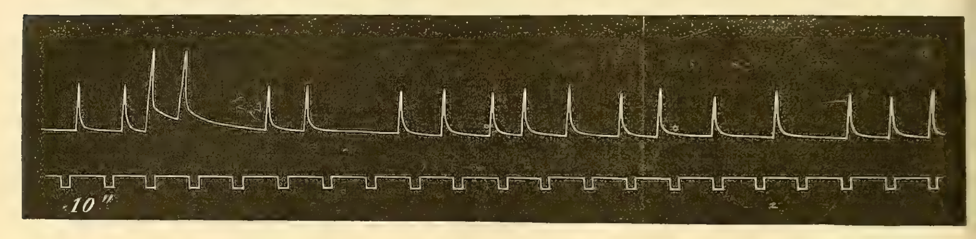


Fig. 1.

Die folgende Fig. 2 stellt die Athmung eines Frosches dar, 20 Stunden nach der Isolation des Kopfmarkes. Das Mark war vom zweiten Wirbel an ausgebohrt, Gross- und Mittelhirn vernichtet, Lungen entfernt, der Oberkiefer abgeschnitten.

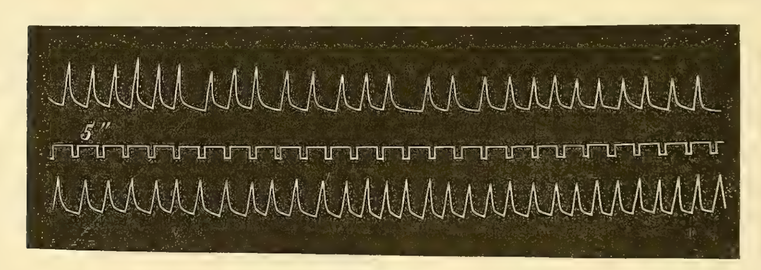


Fig. 2.

man," sagt er hier (*Comptes rendus* etc. 1862. t. LIV. p. 315), „bei einem Frosche das verlängerte Mark gerade hinter dem Kleinhirn quer durchtrennt, so vernichtet man alle Athembewegungen unmittelbar und für immer." Dort liege also der Noeud vital. Offenbar wird durch einen solchen Schnitt der Ursprung des N. facialis zerstört. Gesetzt, dass die Bewegungen des Mundbodens wesentlich von diesem Nerven abhängen, so hätten die sicher vom N. vagus innervirten Stimmbandbewegungen nach diesem Schnitte erhalten bleiben müssen. Ich selbst finde, dass man in der Zergliederung des verlängertsn Markes nicht weiter gehen darf, als wie ich oben angab. Querschnitte durch die Mitte oder durch ein anderes Niveau der Rautengrube wirkten stets athmungslähmend. Wieviel hiervon auf Rechnung eines irreparablen Shocks zu setzen ist, lasse ich unentschieden.

In manchen Fällen wich die restirende Athmung von der normalen ab. War der Blutverlust gross gewesen, so konnte sich periodisch aussetzende Athmung einstellen, die oft stundenlang anhielt. In einigen Versuchen sah ich eine ungemein verlangsamte Athmung, die einen deutlich krampfhaften Charakter trug. Endlich blieb sie in anderen Fällen dauernd fort. Zuweilen fehlte sie bald nach der Operation, um erst nach $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde oder noch später (z. B. am folgenden Tage) zurückzukehren.

Alle diese Erscheinungen sind leicht verständlich; sie ändern nichts an dem Ergebniss, dass nach möglichst weit getriebener Isolirung des Athmungscentrums spontane Athmungen von einem, vom normalen nicht wesentlich abweichenden Charakter bestehen bleiben können.

Ich glaube deshalb, dass man keinen Widerspruch erheben wird, wenn ich aus den mitgetheilten Versuchsreihen schliesse, dass die Athmung ein automatischer Act sei.

Im Gegensatze zu Markwald muss ich aber betonen, dass die Automatie des von peripherischen und psychischen Impulsen losgelösten Athemcentrums sich nicht in ungezügelten krampfhaften Ausbrüchen darthut, sondern dass es in sich selbst bereits die Bedingnngen einer regelmässigen Abwechselung von In- und Exspirationsbewegungen enthält. Es ist unwahrscheinlich, dass beim Säugethier die Dinge so wesentlich anders liegen sollten. Ich glaube, dass auch bei ihm Automatie und regelrechte Rhythmik im Centrum selbst ihre Quelle haben, dass aber die Nn. vagi, entsprechend den bekannten Durchschneidungs- und Reizungserfolgen, sowie besonders den schönen Experimenten von Hering und Breuer, die Periode des Rhythmus beherrschen.

Neunte Mittheilung.

Ueber die Folgen einer halbseitigen Abtragung des Kopfmarkes.

Mehrfach habe ich in früheren Versuchen die oft gemachte Angabe bestätigen können, dass halbseitige Durchschneidung des Kopfmarkes unterhalb der Calamusspitze die Athembewegungen der betreffenden Körperhälfte zur Ruhe bringt. Die Andauer eines solchen Stillstandes würde einen Widerspruch enthalten gegen die von mir vertretene Ansicht von der centralen Athmungsinnervation, derzufolge die Abtragung des Kopfmarkes nur deshalb die Athmung dauernd lähmt, weil mit ihr ein Shock der spinalen Centren, eine Reizung sie beeinflussender Hemmungsfasern verbunden ist, und weil ihre Wiedererholung durch die Schwächung des Kreislaufes meistens

unmöglich gemacht wird. Da die halbseitige Abtrennung der Oblongata von den Thieren oft so gut vertragen wird, dass sie tagelang danach noch leben können, da dem Rückenmark somit um so mehr Zeit und Gelegenheit zur Erholung gelassen ist, als durch die Operation seine Blutversorgung wenn überhaupt, so jedenfalls nur in geringem Maasse leidet, so kann aus der Thatsache der dauernden einseitigen Athmungslähmung, falls sie feststeht, in der That ein schwerer Einwand gegen meine Anschauungsweise hergeleitet werden.

Ich habe mir diesen Einwurf im Stillen oft gemacht und mich gewundert, dass sich die Anhänger des bulbären Centrums diese Angriffswaffe haben entgehen lassen.

In der vorliegenden Abhandlung werde ich mich bemühen darzuthun, dass der Einwurf unberechtigt ist, weil die ihm zu Grunde liegende Beobachtung nicht richtig ist; und dass umgekehrt der wahre Sachverhalt meinen Gegnern ernste Schwierigkeiten bereiten dürfte.

Die betreffenden Versuche sind theils von mir allein, theils in Gemeinschaft mit Hrn. Nickell angestellt worden. Als Versuchsthiere dienten jüngere Kaninchen, die durch eine Alkohol-Aethermischung für die Dauer der Operation betäubt waren.[1] Nach vorausgeschickter Tracheotomie ward der zwischen Hinterhaupt und Atlas gelegene Theil des Markes nach bekannter Methode freigelegt, der Halsschnitt unter der Calamusspitze mit einem kleinen scharfen Messerchen ausgeführt, die zuweilen nur sehr geringfügige Blutung durch Penghawar gestillt. In mehreren Fällen stand die Athmung nach der Durchschneidung vollständig still; eine Zeit lang fortgesetzte künstliche Ventilation rief sie dann meistens wieder in's Leben. In der Mehrzahl der Fälle blieb die Athmung nur auf der der Durchschneidung entsprechenden Seite aus und zwar für längere Zeit. Bei manchen Thieren ist man sofort bei einfachem Zusehen im Klaren, ob die Athmung einseitig oder doppelseitig ist; bei anderen ist die passive Mitbewegung der gelähmten Seite so kräftig dass man Zweifel hegen muss, ob die Bewegung nicht doch eine beiderseitige sei. Zuweilen giebt hier die Palpation des untersten Rippenrandes Aufschluss. Nicht selten lässt auch sie im Stich. Ja ich möchte mich selbst am freigelegten Zwerchfell trotz reichlicher Uebung nicht immer getrauen, mit aller Sicherheit die Entscheidung zu fällen.

Die mitgetheilten Protocolle werden zeigen, wie ich mir in solchen Fällen dadurch helfen musste, dass ich den N. phrenicus der sicher athmenden Seite durchschnitt. Nach dieser Operation ist ein Zweifel nicht mehr möglich.

---

[1] Es ist besonderer Werth darauf zu legen, dass die Narkose eine schnell vorübergehende sei.

Nach geschehener Operation und nachdem der Athmungszustand soweit festgestellt war, als es ohne weiteren Eingriff anging, wurde das Thier in Watte gepackt und in der Nähe eines warmen Ofens sich selbst überlassen. (Die meisten der Thiere wurden von Hrn. Nickell zu anderweitigen Prüfungen benutzt, über die derselbe an anderer Stelle berichten wird. Doch machten diese Prüfungen neue operative Eingriffe nicht nöthig.)

Nach zwei- bis sechsstündiger Ruhe oder noch später wurde die Hauptuntersuchung vorgenommen. Ueber ihren Gang berichten die mitzutheilenden Protocolle. Vielfach fiel schon früher bei gelegentlicher Beobachtung auf, dass die Anfangs vielleicht zweifellos einseitige Athmung diesen Charakter nicht mehr mit Sicherheit erkennen liess, oder dass hin und wieder zwischen die sicher einseitigen Athmungen solche von zweifelhaftem Charakter oder sicher doppelseitige Athmungen sich einschoben.

Nach Beendigung des Versuches wurde mit aller Sorgfalt durch die Section die Lage und Ausdehnung des Markschnittes festgestellt. Durch Uebung gelangt man schnell zu grosser Sicherheit in der Ausführung des beabsichtigten Schnittes. Insbesondere ist die Anwendung eines Schutzmesserchens zu entbehren, das für das hier in Betracht kommende Operationsfeld nicht ohne Gefahr ist. Auch sind, je mehr man geübt ist, längerdauernde doppelseitige Athmungsstillstände um so seltener.

Ich theile hier drei meiner letzten Versuche mit, deren Ergebniss für mich so überzeugend war, dass ich weitere Experimente nicht mehr für nöthig hielt.

I. Versuch vom 25. März 1887.

Einem kleinen, drei bis vier Monate alten Kaninchen wird nach eingeleiteter Narkose und vorausgeschickter Tracheotomie die Oblongata unter der Calamusspitze links durchschnitten. Die Athmung steht auf der linken Seite still. Das Thier bleibt aufgebunden, wird mit Watte bedeckt und in's Warme gebracht. Die Operation ist um $11^1/_2$ Uhr Vormittags beendet. Bis $1^1/_2$ Uhr kann keine Athmung der linken Seite wahrgenommen werden.

5 Uhr Nachmittags. Die Athmung ist jedenfalls vorwiegend rechtsseitig, doch scheint die linke Seite nicht ganz unbetheiligt zu sein, vielmehr manchmal mit zu agiren. Es wird versucht, den rechten N. phrenicus am Halse aufzusuchen und zu durchschneiden. Bei der mangelhaften Beleuchtung wird die V. jugularis verletzt. Die comprimirende Klemmpincette scheint auch den Nerven mitgefasst und comprimirt zu haben; denn die rechte Zwerchfellhälfte steht still. Dagegen beginnt auf dieser Seite thoracales Athmen. Wie es scheint, betheiligt sich auch die Zwerch-

fellhälfte der linken Seite. Nach Eröffnung der Bauchhöhle und Freilegung des Diaphragma's wird diese Vermuthung zur Gewissheit: das linke Zwerchfell ist zweifellos thätig; seine Zusammenziehung fällt nicht genau mit der der entgegengesetzten Thoraxhälfte zusammen. Das rechte Zwerchfell ruht zunächst; bald beginnt es aber seine Zusammenziehungen wieder.

Der Thorax wird ohne Blutung in der Medianlinie eröffnet. Künstliche Athmung eingeleitet, während deren die spontane fortdauert. Der rechte N. phrenicus wird im Thorax durchschnitten. Die entsprechende Zwerchfellhälfte steht jetzt definitiv still. Dagegen sind zweifellose Zusammenziehungen der linken vorhanden (deutliche Zusammenziehung der Costalbündel). Sie persistiren auch, nachdem die rechte Thoraxhälfte vorn und hinten völlig abgetragen worden ist, so dass von passiven Bewegungen nicht mehr die Rede sein kann.

Als jetzt auch der N. phrenicus sinister durchschnitten wird, steht auch das linke Zwerchfell still. Dagegen sind jetzt Athembewegungen der linken Thoraxhälfte wahrzunehmen.

Die Section ergiebt völliges Gelingen des Halbschnittes. Er liegt etwa $1 \cdot 5^{mm}$ unter der Spitze des Calamus scriptorius.

II. Versuch vom 30. März 1887.

Einem etwa ebenso alten Kaninchen wird ebenfalls die linke Kopfmarkhälfte durchtrennt. ($11^1/_2$ Uhr.) Die Athmung ist nur rechtsseitig erhalten.

1 Uhr Nachmittags Athmung jedenfalls vorwiegend rechtsseitig. doch ist eine völlige Nichtbetheiligung der linken Seite nicht sicher zu behaupten.

$1^1/_2$ Uhr. Künstliche Athmung eingeleitet. Thorax eröffnet. Das von oben her gesehene Zwerchfell contrahirt sich zweifellos beiderseits, und zwar, soviel zu sehen ist, synchron. Der N. phrenicus dexter wird durchschnitten. Das rechte Zwerchfell steht sofort still. Das linke contrahirt sich weiter, mit ihm gleichzeitig die rechte Thoraxhälfte. Als jetzt auch der linke Phrenicus durchschnitten wird, steht auch die von ihm versorgte Hälfte des Zwerchfells still. Abgesehen von den sogenannten concomitirenden Athembewegungen sind nur noch solche der rechten Thoraxseite wahrnehmbar. Dieselbe wird resecirt. Die linke verharrt im Stillstande. Das Thier wird durch Anschneiden der Brustaorta verblutet. Krämpfe auf beiden Körperhälften. Nach Beendigung derselben lange Ruhe, während deren keine Athmungen ausgeführt werden. Dann treten aber „Terminalathmungen“ ein, an denen sich ausser Kehlkopf und Gesicht zweifellos auch die linke Thoraxhälfte betheiligt.

Section: Das Kopfmark ist links vollständig und bis zur Medianebne durchschnitten. Der Schnitt beginnt median hart an der Calamusspitze und weicht seitlich um ein Geringes in distaler Richtung ab.

III. Versuch vom 29. März 1887.

$10^3/_4$ Uhr Vormittags. Einem ähnlichen Kaninchen wird die linke Kopfmarkhälfte durchschnitten. Bald darauf lediglich rechtsseitige Athmung.

$12^1/_4$ Uhr. Es ist schwer zu sagen, ob die linke Seite ganz unthätig ist. Auch die Palpation ergiebt nichts Bestimmtes. Jedenfalls wiegt die rechte vor.

1 Uhr Nachmittags. Die beiden Nn. vagi werden successive durchschnitten. Die Athmung wird sehr tief und langsam. An den in der üblichen Weise (Hering'sche Flasche, Marey'scher Zeichner) aufgenommenen Curven machen sich ungewöhnliche Unregelmässigkeiten bemerklich, die auf eine Asynchronie doppelseitiger Athmungen hinzudeuten scheinen.

Thorax und Bauchhöhle werden eröffnet. Künstliche Athmung. Neben den Zusammenziehungen der rechten Zwerchfellhälfte sind zweifellose kräftige Contractionen des linken Zwerchfells vorhanden. Die Verkürzung seiner Muskelfasern ist deutlich zu sehen.

Der N. phrenicus dexter wird durchschnitten. Die von ihm versorgte Hälfte stellt ihre Thätigkeit ein; die linke agirt weiter. Erst als auch ihr Nerv durchschnitten wird, steht sie still. Der Thorax fährt fort sich zu bewegen. Ob sich die linke Seite activ betheiligt, ist schwer zu entscheiden. Deshalb wird die rechte Thoraxhälfte resecirt. Ganz deutlich sind jetzt an der linken spärliche aber unzweifelhafte Athembewegungen wahrzunehmen.

Section: Der Halbschnitt durch die Oblongata ist vollständig gelungen. Er liegt ein wenig unter der Calamusspitze.

Die mitgetheilten Versuche beweisen, dass der einer halbseitigen Durchschneidung folgende Athmungsstillstand der entsprechenden Körperseite kein dauernder ist. Wie schnell er vorübergehen kann, wurde nicht festgestellt; jedenfalls wird das in einzelnen Versuchen sehr verschieden sein. Die jugendlichen Versuchsthiere, an denen die beschriebenen Experimente angestellt wurden, boten wahrscheinlich besonders günstige Bedingungen dar. Es wurde aber auch an älteren Thieren mit gleichen Erfolgen experimentirt; hier geschah die Prüfung oft erst am nächsten Tage, mehr als 20 Stunden nach der Operation.

Wie schon aus den obigen Protocollen zu ersehen ist, fallen nicht immer die Contractionen der ursprünglich erlahmten Zwerchfellhälfte mit

denen der anderen Seite zusammen. Zuweilen sahen wir sie erheblich langsamer agiren; zuweilen athmete sie gruppenweise, während die andere sich regelmässig zusammenzog.

Nur selten wurde die graphische Aufzeichnung unterlassen. Für den Fall völliger Synchronie ist aus ihr nicht viel zu erfahren. Ueber die angeführten Abweichungen giebt sie aber werthvolle Aufschlüsse.

Ist nach meiner Betrachtungsweise das durch diese Versuche klargestellte Verhalten der Athmung nach einseitiger Markdurchschneidung leicht verständlich, so ist andererseits abzuwarten, wie sich die Anhänger der gegnerischen Lehre damit abfinden werden. Ich glaube, dass ihnen das nicht leicht werden wird.

Da die mediane Theilung des Kopfmarkes die bilateralen Athembewegungen synchron bestehen lässt, so lange nicht durch einseitige centripetale Einflüsse das Gleichgewicht gestört wird,[1] muss die Existenz zweier Bulbärcentren angenommen werden, deren jedes für die entsprechende Körperhälfte bestimmt ist. Die Bilateralität der spinalen Segmentalcentren folgt aus morphologischen Ueberlegungen, sowie aus den Versuchen von Nitschmann,[2] der nach Mediantheilung des Halsmarkes die Athembewegungen beider Seiten bestehen bleiben sah. Sollen die Kopfmarkcentren die Antriebe zur Thätigkeit der spinalen aussenden, so ist, um den in dieser Mittheilung beschriebenen Thatsachen gerecht zu werden, die Annahme unumgänglich, dass mit jedem der beiderseitigen Spinalcentren jedes der bulbären direct verbunden sei.

Dass eine solche Verbindung besteht, ist zweifellos. Nur sie erklärt, dass einseitige Vagusreizung u. s. w. doppelseitige Wirkungen auslöst. Sie erklärt, dass nach der einseitigen Abtrennung des Markes die Durchschneidung oder Reizung jedes der beiden Vagi die noch active Zwerchfellseite in ihrer Thätigkeit beeinflusst.[3]

Diese Verbindung liegt aber in der Oblongata selbst, oberhalb des in den vorliegenden Versuchen geführten Schnittes. Damit indess den Bedürfnissen der Erklärer genügt würde, müsste die Verbindung eine infrabulbäre sein. Bestände eine solche, so wäre nicht zu verstehen, wie nach medianer Spaltung der Oblongata durch Reizung eines N. vagus oder N. trigeminus nur die gleichseitige Zwerchfellhälfte beeinflusst werden, wie nach

---

[1] Siehe Mittheilung 2.

[2] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XXXV. S. 558.

[3] Schon in meiner zweiten Mittheilung ist dieser Nachweis geführt. Neue mit Hrn. Nickell angestellte Versuche haben noch weit bessere Resultate ergeben.

dieser Operation die Athmungs-Synchronie in einen so überaus labilen Zustand gerathen könnte.

Sicherlich ist, da jeder Theil des Rückenmarkgrau's mit jedem anderen verbunden zu sein scheint, eine gewisse Verbindung auch zwischen den spinalen Athmungscentren vorhanden; aber sie kann nur eine sehr indirecte, etwa durch das graue Fasernetz Gerlach's repraesentirte, jedenfalls keine einfache intermotorische Bahn sein.

Aber gesetzt selbst, eine solche Bahn wäre vorhanden, so müsste noch erklärt werden, woher dann der der Operation folgende, sich erst spät, manches Mal gar nicht ausgleichende Athmungsstillstand der betreffenden Seite rührt. Dieselben Forscher, die für die nach totalen Abtragungen des Kopfmarkes eintretenden Erscheinungen die Möglichkeit von langwierigen Shockwirkungen perhorresciren, wären gezwungen, sie für die partielle Durchschneidung anzunehmen, falls sie nicht zu anderen sehr unwahrscheinlichen Erklärungsversuchen ihre Zuflucht nehmen wollen. Diese letzteren hier zu discutiren, halte ich für unnöthig, da eben eine infrabulbäre Verbindung der Athmungscentren oder der zu ihnen von oben her führenden Bahnen gar nicht besteht, und da eine Nöthigung zur Betretung des indirecten Weges (durch das Fasernetz) nicht vorhanden ist. Letztere wäre vielleicht bei Athmungsnoth vorhanden, allein eine solche liegt durchaus nicht vor. Die Athmung einer Körperseite genügt; ja es genügt die Athmung mit einer Zwerchfellhälfte in dem Maasse, dass nicht einmal die gleichseitige Thoraxhälfte in Anspruch genommen zu werden braucht.

Mein Raisonnement ist somit, um es kurz zu recapituliren, folgendes: Halbseitige Abtrennung des verlängerten Markes lähmt die Athmung der entsprechenden Körperseite nur zeitweilig, nicht dauernd. Glaubt man, dass der Athmungsantrieb von bulbären Centren ausgeht, so ist diese Thatsache nur erklärlich durch die Annahme, dass die beiderseitigen Athemcentra oder von diesen caudalwärts in's Mark verlaufende Bahnen eine unterhalb der Oblongata gelegene Verbindung besitzen. Diese Annahme wird durch anderweitige Thatsachen widerlegt; es lässt sich feststellen, dass nicht unterhalb, sondern nur innerhalb des Kopfmarkes eine Verbindung bestehen kann. Die Wiederherstellung der doppelseitigen Thätigkeit kann befriedigend erklärt werden, wenn man zugesteht, dass die Angriffspunkte für den respiratoriscben Reiz überhaupt nicht in sondern unterhalb der Oblongata gelegen sind, d. h. dass von den spinalen Athmungscentren der Athmungsantrieb ausgeht. Der anfängliche einseitige Athmungsstillstand ist durch Shock- und Hemmungswirkung zu erklären.

Zur Physiologie der Spinalganglien.

Von

Dr. Max Joseph.

(Aus dem physiologischen Institut der Universität zu Berlin.)

Die Frage nach der physiologischen Bedeutung der Spinalganglien hat erst durch die Untersuchungen Waller's[1] eine wissenschaftliche Beantwortung erfahren. Waller machte im Jahre 1852 mehrere Mittheilungen über Versuche an den Spinalganglien der Säugethiere und des Frosches, welche eine Aufklärung dieses dunklen Gebietes bezweckten.

Ein Nerv, welcher von seinem cerebrospinalen Centrum getrennt ist, erfährt bereits nach wenigen Tagen in allen seinen wesentlichen Eigenschaften gewisse charakteristische Veränderungen. Hieran knüpfte sich die Frage, bis zu welchem Grade sich dieses Gesetz auf die in ihrem Verlaufe mit einem Ganglion communicirenden Nerven anwenden lasse. Die bestimmte Antwort hierauf lautete, dass, wenn ein sensibler Spinalnerv oberhalb eines Ganglions durchschnitten wird, die Degeneration sich niemals über das Ganglion hinauserstreckt. Die Untersuchungen wurden im Wesentlichen an dem zweiten Cervicalnerven junger Katzen und Hunde angestellt.

[1] Experiments on the section of the Glossopharyngial and Hypoglossal Nerves of the frog and observations on the alterations produced thereby in the structure of their primitive fibres. *Phil. Transact. of the Royal Society.* London 1850.) — Nouvelle méthode pour l'étude du système nerveux (*Compt. rend. de l'Acad. des Sciences.* 1851. t. XXXIII. p. 606). — Recherches expérimentales sur la structure et les fonctions des ganglions (*Ibidem.* 1852. t. XXXIV. p. 393, 524, 582, 675, 842). (Eine deutsche Uebersetzung dieser Artikel findet sich in *diesem Archiv.* 1852.) — Sixième Mémoire sur le système nerveux (*Ibidem.* p. 979). — Septième Mémoire (*Ibidem.* t. XXXV. p. 301.) — Huitième Mémoire (*Ibidem.* t. XXXV. p. 561). — Neuvième Mémoire (*Ibidem.* t. XXXVI. p. 378.)

Hier liegt das Spinalganglion 2 bis 3 mm ausserhalb des knöchernen Wirbelcanals.[1]

Wurden nun die beiden Wurzeln central vom Ganglion durchschnitten, so fand sich nach 10 bis 12 Tagen der Rest der sensiblen, dem Ganglion noch adhaerirenden Wurzel vollkommen degenerirt. Verfolgte Waller den Nerven in das Innere des Ganglions, so konnte er hier die degenerirten Fasern soweit verfolgen, bis sie sich theilten und mit anderen vollkommen normalen vereinigten. In dem Ganglion schienen diese atrophirten Fasern in einer Anhäufung von Zellen zu endigen, welche ebenfalls verändert waren und im Wesentlichen nur aus einer Kapsel ohne jeden Inhalt zu bestehen schienen. In einer späteren Mittheilung[2] bestätigt Waller zwar, dass man gewöhnlich das periphere Stück der dem Ganglion noch adhaerirenden hinteren Wurzel ebenso wie die Ganglienzellen der centralen Partien des Ganglions degenerirt findet, aber er fügt hinzu, er glaube sich überzeugt zu haben, dass dieser Effect grossentheils von einer Verletzung des Ganglions abhängig sei. Durchschneide man dagegen die Wurzel, ohne das Ganglion zu berühren, so finde man, dass dieses Stück der hinteren Wurzel, ebenso wie das Ganglion selbst, normal seien.

Das centrale, bei dieser Art der Durchschneidung noch mit dem Rückenmarke in Verbindung gebliebene Stück der hinteren Wurzel degenerirte dagegen nach $1^1/_2$ bis 2 Monaten.

Alle von dem Ganglion nach der Peripherie abgehenden Fasern blieben normal und waren auch selbst nach Monaten noch unverändert. Die motorischen Fasern dagegen waren bis in ihre periphersten Partien vollkommen degenerirt.

Beschränkt man sich darauf, die hintere Wurzel allein ohne eine Mitverletzung der vorderen zu durchschneiden, so atrophirt keine Faser in den gemischten Nerven. Ist der Nerv peripher von dem Ganglion durchschnitten, so atrophiren die Fasern; der gleiche Effect wird durch die Exstirpation des Ganglions zu Stande gebracht. Waller hebt noch hervor, dass bei allen Combinationen dieser Versuche stets dasselbe Resultat gefunden wurde, dass die sensiblen Fasern niemals degenerirt waren, so lange sie mit dem Ganglion in Continuität blieben.

Nach diesen Untersuchungen an den Mammiferen berichtete Waller in einer späteren Sitzung der Académie des Sciences (19. April 1852) über seine Experimente bei Fröschen. Es wurde der 7., 8., 9. und 10. Spinal-

---

[1] Ich glaube, dass eine genaue Wiedergabe der Waller'schen Experimente und Ausführungen hier durchaus am Platze ist, weil dieselben theils ungenügend, theils nur mit wesentlichen Irrthümern und Ungenauigkeiten vermischt in der Litteratur bekannt sind.

[2] *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences.* 31 Mai 1852. t. XXXIV. p. 844.

nerv von dem Rückenmark abgetrennt und die mikroskopische Untersuchung nach zwei bis drei, einmal erst nach mehr als sechs Monaten vorgenommen. Stets ergab sich eine vollkommene Bestätigung der bei den Mammiferen angestellten Beobachtungen, eine Atrophie der central dem Ganglion adhaerirenden hinteren Wurzel,[1] während die peripheren sensiblen Fasern vollkommen normal blieben. Dagegen waren die motorischen Fasern in ihrem peripheren Theile bis in die Muskeln hinein atrophirt, das centrale Stück der motorischen Wurzel blieb unverändert.

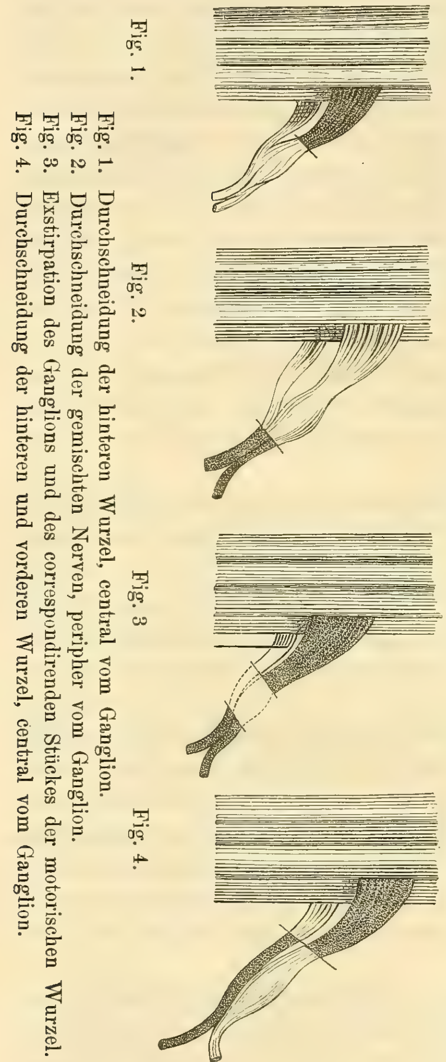


Fig. 1. Durchschneidung der hinteren Wurzel, central vom Ganglion.
Fig. 2. Durchschneidung der gemischten Nerven, peripher vom Ganglion.
Fig. 3. Exstirpation des Ganglions und des correspondirenden Stückes der motorischen Wurzel.
Fig. 4. Durchschneidung der hinteren und vorderen Wurzel, central vom Ganglion.

Ein gleicher Einfluss des Ganglions wurde an den Wurzeln der Armnerven und an dem N. vagus constatirt. Der N. vagus beim Frosche gleicht einem Spinalnerven, da er eine vordere und eine hintere, mit einem Ganglion in Verbindung stehende Wurzel besitzt. Einer seiner Hauptzweige, das Analogon des N. glossopharyngeus der Mammiferen, verästelt sich in den Papillae fungiformes der Zunge. Nach der Durchschneidung der Spinalwurzeln dieses Nerven bleiben die Papillennerven unverändert, wird der Schnitt indessen peripher von dem Ganglion verlegt, so degeneriren alle durchschnittenen Fasern.

In einem Schlussresumé weist Waller darauf hin, dass auf Grund seiner Versuche in die Intervertebralganglien das nutritive Centrum für alle sensiblen Spinalnerven zu verlegen sei und diese Beobachtungen sich in vollkommener Uebereinstimmung mit den Untersuchungen Rud. Wagner's über die Bipolarität der Spinal-

[1] Hier war Waller auf die oben erwähnte Fehlerquelle seiner Versuche noch nicht aufmerksam geworden.

ganglienzellen beim Zitterrochen befinden. Jede Faser, welche mit einem Pole dieser Ganglienzellen communicire, habe dort das Centrum ihres nutritiven Lebens.

Das nutritive Centrum für die motorischen Fasern verlegte Waller in das Rückenmark.

Es lässt sich nicht leugnen, dass bei der vollkommenen Unkenntniss, in welcher man sich betreffs der physiologischen Rolle der Spinalganglien befand, diese von Waller ebenso einfach wie genial ausgeführten Experimente eine hohe Beachtung verdienten.

Cl. Bernard[1] zollte daher diesen Experimenten unumwundene Ankennung und sah in ihnen den Ausgangspunkt aller weiteren Untersuchungen auf diesem Gebiete. Er wiederholte dieselben und veranschaulichte sehr klar in einigen schematischen Zeichnungen die bei den Versuchsabänderungen eintretenden Verhältnisse. Wir geben dieselben des hohen Interesses wegen, welches sie für den uns hier beschäftigenden Gegenstand haben, genau nach dem Originale nebenstehend wieder.

Die dunklen Partien in den Abbildungen bezeichnen die degenerirten, die hellen dagegen die normalen Fasern.

In einem Punkte, welcher in den Waller'schen Experimenten unerwähnt blieb, treten übrigens die Ausführungen Bernard's ergänzend ein. Die Frage, was geschieht mit dem Ganglion, wenn der Nerv peripher von demselben durchtrennt wird, war von Waller unbeantwortet geblieben. Cl. Bernard (vergl. Fig. 2) fand in diesem Falle das Ganglion und die hintere Wurzel normal.

Wenn diese Thatsachen bisher auch nur an einem Spinalnerven untersucht waren, so musste der Schluss, dass diese Verhältnisse bei allen Spinalnerven zutreffen, immerhin wohl gestattet sein. Freilich betont auch Cl. Bernard, dass man angesichts eines Resultates von so weittragender Bedeutung nicht versäumen möge nachzuforschen, ob die beobachteten Thatsachen etwa auf Rechnung irgend eines bisher vernachlässigten Factors zu setzen wären. Der Einwurf, dass vielleicht durch die Operation eine Lösung der für die Ernährung des peripheren Nerven nothwendigen Gefässcontinuität eingetreten wäre, findet an den Injectionen keinen Anhalt, abgesehen davon, dass die Nervendegeneration sich dort auf weite Strecken ausdehnt.

Cl. Bernard liess sich, um diese Versuche zu variiren und auch an anderen Nervenpaaren auszuführen, ein kleines Instrument anfertigen, mit welchem es gelang, die Wurzeln der Cauda equina beim Hunde zu durchschneiden. Es ging in das Interspatium zwischen letztem Lumbar- und erstem Sacralwirbel ein und konnte dann rechts und links eine oder mehrere

[1] *Leçons sur la physiologie et la pathologie du système nerveux.* Paris 1858. t. I.

Wurzeln der Cauda durchtrennen. Bei einem derartigen Versuche wurde zufälligerweise nur die hintere Wurzel des sechsteu Lendennerven rechts und links durchschnitten und nach 5 bis 6 Wochen wurden die peripheren Enden der hinteren Wurzel normal, die centralen dagegen stark atrophisch gefunden. Cl. Bernard schliesst damit, dass er die Schlussfähigkeit der Waller'schen Experimente voll und ganz anerkennt, zugleich betont er aber, dass man bei dem derzeitigen Stande der Kenntnisse (1858) keine Erklärung dafür habe, wie die Ernährung eines Nervenelementes durch ein anderes zu Stande komme.

Auch Milne Edwards[1] schliesst sich nach Besprechung der Waller'schen Experimente dessen Schlussfolgerungen vollkommen an. Er hält den Schluss für berechtigt, dass in dem Ganglion ein trophisches Centrum vorhanden sei, von welchen die sensiblen Nervenfasern die für ihre Conservirung nothwendige nutritive Activität erhalten, während für die motorischen Fasern das Rückenmark diese Rolle vertrete.

Die Zahl der Forscher, welche sich einer Nachprüfung der Waller'schen Experimente unterzogen haben, ist eine verhälnissmässig geringe.

Schiff[2] berichtet nur ganz kurz, dass er alle anatomischen Befunde, auf welche Waller seine neue Theorie gestützt, bestätigen könne.

Bidder[3] legte bei einem Frosche die Cauda equina frei und durchschnitt an der linken Seite die hinteren Wurzeln der drei grossen zur hinteren Extremität führenden Nerven. Nach 5 Monaten wurde das Thier getödtet. Es ergab sich, dass nicht allein die peripherischen Durchschnittsenden, welche aus dem Rückgratscanale hervorgehoben und über die Rückenmusculatur gelegt waren, sondern auch die centralen mit dem Rückenmarke im Zusammenhang gelassenen Partien der Nervenwurzeln völlig verschwunden waren. Von der ganzen Strecke dieser Wurzeln, vom Rückenmarke bis zum Intervertebral-Ganglion war nichts mehr vorhanden; sie waren in dem Entzündungsprocesse, welcher dem operativen Eingriffe gefolgt war, völlig untergegangen. In den betreffenden Spinalganglien war eine Alteration in der Grösse, Färbung und inneren Beschaffenheit der Nervenzellen nicht wahrzunehmen. Hieraus ergab sich für Bidder naturgemäss der Schluss, dass die vorderen Wurzeln der Spinalnerven ihr Ernährungscentrum im Rückenmarke haben, die hinteren Wurzeln sich dagegen selbst abgelöst vom Rückenmarke in ihrem normalen Bestande erhalten und hierin durch die Spinalganglien gesichert zu sein scheinen.

---

[1] *Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée de l'homme et des animaux.* 1878/79. t. XIII. p. 42.

[2] Sur la régénération des nerfs et sur les altérations qui surviennent dans les nerfs paralysés. *Comptes rendus.* 1854. t. XXXVIII. p. 448.

[3] Erfolge von Nervendurchschneidung an einem Frosche. *Dies Archiv.* 1865.

Ranvier[1] erwähnt in dem Capitel von der De- und Regeneration der Nerven ebenfalls die Waller'schen Versuche, er schliesst damit, dass er dieselben wiederholt und deren vollkommene Richtigkeit bestätigen könne.

Stiénon[2] berichtet, im Anschlusse an seine anatomischen Untersuchungen über den Bau der Spinalganglien, ebenfalls von öfteren Wiederholungen der Waller'schen Versuche am Frosche. Er ist zu denselben Resultaten gelangt, wie sein Vorgänger. Die weiteren Nachforschungen, bis zu welchem Punkte die Degeneration in der T-Faser reiche, führten zu keinem endgültigen Resultate. Mitunter war nur ein einziger Fortsatz degenerirt, bisweilen schienen aber bei Fröschen, welche 20 bis 30 Tage nach der Durchschneidung untersucht wurden, auch beide Fortsätze ihre normale Structur eingebüsst zu haben. Schliesslich wurden auch die Ganglienzellen mitergriffen, ihr Protoplasma war mit Fetttröpfchen bedeckt und der Kern undeutlich.

Aus dieser Zusammenstellung der Litteratur erhellt, dass ein wesentlicher Fortschritt auf dem von Waller zuerst angebahnten Wege nicht erzielt war. Bei dem Interesse, welches man den Intervertebralganglien besonders vom pathologischen Standpunkte stets zuwandte, wäre es aber wohl wünschenswerth gewesen, die alten Angaben wieder einmal sorgfältig zu revidiren, zumal dabei nicht ausser Acht zu lassen war, dass seit den Waller'schen Experimenten die mikroskopische Technik ungeahnte Fortschritte gemacht hat. Bei diesen Versuchen aber, wo eine Nachprüfung der Veränderungen der Nervenfasern mittelst des Mikroskopes eine unerlässliche Bedingung und ein Hauptargument für alle Schlussfolgerungen abgab, musste um so mehr nachgeforscht werden, ob auch mit Hülfe unserer neuesten histologischen Methoden die alten Waller'schen Resultate noch immer als vollgültig anerkannt werden dürfen.

Von diesem Gesichtspunkte aus verdiente eine Arbeit, welche im Jahre 1883 unter v. Gudden's Leitung erschien, eine hohe Beachtung.

Vejas[3] ging an eine Nachprüfung der Waller'schen Experimente und erhielt Ergebnisse, welche theilweise mit den früheren übereinstimmten. Daneben constatirte er aber einige Abweichungen, wonach er sich für berechtigt hielt, an Stelle der Waller'schen Anschauungen eine neue, vollkommen von den früheren abweichende, Theorie aufzustellen.

Drei Thatsachen stellte Vejas als die Hauptresultate seiner Experimente hin: 1) Nach Ausreissung beider Wurzeln waren die an dem Rücken-

---

[1] *Leçons sur l'histologie du système nerveux.* Paris 1878. t. II. p. 75.

[2] Recherches sur la structure des Ganglions spinaux chez les vertébrés supérieurs. *Annales de l'Univ. de Bruxelles.* 1880.

[3] *Ein Beitrag zur Anatomie und Physiologie der Spinalganglien.* Inaugural-Dissertation von Pericles Vejas aus Korfu. München 1883.

marke zurückgelassenen Stümpfe, sowohl der hintere wie auch der vordere, vollständig verschwunden. 2) Am Ganglion selbst fanden sich keine Ueberbleibsel von erhaltenen sensiblen Fasern mit der Richtung nach dem Centrum. 3) Das Ganglion selbst bleibt bei Durchschneidung der Fasern zwischen ihm und dem Rückenmarke, entweder nur der sensiblen oder der sensiblen und motorischen, wohl erhalten. Dagegen geht es bei Durchtrennung der peripherischen Fasern zu Grunde.

Vejas glaubt die Waller'schen Ansichten widerlegt zu haben und hält die Annahme, dass von den Spinalganglienzellen unabhängige Fasern entspringen, welche mit einer bisher unbekannten Function betraut sind, nicht für ungerechtfertigt.

Ich habe nur die Hauptpunkte der in allen Theilen sehr interessanten Vejas'schen Arbeit wiedergegeben. Eine eingehende Kritik und Widerlegung seiner Ansichten werde ich mir erst nach Mittheilung meiner eigenen mikroskopischen Befunde angelegen sein lassen.

Ich habe diese Untersuchungen auf Anregung des Hrn. Dr. Gad unternommen, welchem ich für seine mannigfache fördernde Unterstützung zu äusserstem Danke verpflichtet bin. Ebenso sind mir bei den mikroskopischen Nachforschungen Hr. Prof. Fritsch und Hr. Dr. Benda stets in liebenswürdigster Weise mit Rath und That beigestanden.

Der von Waller zuerst angegebene klassische Ort für Untersuchungen an Spinalganglien ist der zweite Halsnerv bei Hunden und Katzen. Das Intervertebralganglion dieses Nerven liegt einige Millimeter ausserhalb des knöchernen Wirbelcanales. Nach einiger Uebung gelingt es sehr leicht, die hintere Wurzel zwischen Rückenmark und Ganglion, ebenso wie peripher vom Ganglion zu durchschneiden. Die Durchtrennung der motorischen Wurzel bietet grössere Schwierigkeiten. Da ich zu anderen Zwecken[1] gerade an dieser Stelle eine grosse Anzahl Experimente angestellt habe, so war ich zuletzt in dieser Operation sehr eingeübt, und in kurzer Zeit gelang mir die jedes Mal erstrebte Versuchsabänderung. Der Operationsmodus, von dessen genauer Beschreibung ich hier absehen kann, findet sich in meiner eben citirten Arbeit ausführlich besprochen, er gestaltet sich zu einem ziemlich einfachen.

Ich benutzte zu meinen Versuchen ausschliesslich Katzen, und zwar sowohl jüngere 3—6 Monate alte, wie 1—3 jährige, doch wurden zuletzt jüngere Thiere bevorzugt, weil sich hier die Degenerationserscheinungen schneller entwickelten.

Nachdem in einigen Tagen die Operationswunde, meist per primam, verheilt war, wurden die Thiere sich selbst überlassen und nach 6—8 Wo-

---

[1] Beiträge zur Lehre von den trophischen Nerven. Virchow's *Archiv.* 1887. Bd. CVII.

chen getödtet. Vejas (a. a. O.) liess seine Thiere grösstentheils bis zu 2 Monaten leben. Seine Angabe, dass Waller die Versuchsthiere nach 10 bis 12 Tagen tödtete, ist ungenau. Nur in einem Theile der Versuche trifft diese kurze Frist zu, bei einer Anzahl anderer Versuchsobjecte giebt Waller an, nach $1^1/_2$—2 Monaten Degenerationserscheinungen an den Nerven beobachtet zu haben.

Der zweite Halsnerv mit dem angrenzenden Stücke des Rückenmarkes wurde dann meist in Müller'scher Flüssigkeit conservirt, einzelne Stücke des Nerven daneben in Osmiumsäure gelegt. Diese letztere Methode diente fast ausschliesslich dazu, um gute Zupfpraeparate zu erhalten. Oft wurden dieselben dann noch mit Picrocarmin nachgefärbt. Die in Müller'scher Flüssigkeit conservirten Theile wurden dann mit den verschiedensten Färbemitteln, Pikrocarmin, Haematoxylin, Safranin u. s. w. behandelt; besonders schöne Bilder erhielt ich mit der Safraninfärbung.

Eine genaue detaillirte Beschreibung der nach der Durchschneidung eines Nerven sich einstellenden mikroskopischen Veränderungen kann ich mir versagen, da meine Untersuchungen nichts wesentlich abweichendes ergeben haben, was nicht schon durch die Arbeiten sehr vieler geschätzter Autoren klargestellt wäre. Ich beschränke mich nur darauf, die von Waller betonten Punkte hier zu besprechen und meine nach mancher Richtung von den früheren Beobachtern abweichenden Resultate mitzutheilen.

In einem Punkte stimmen meine Ergebnisse mit denen Waller's überein. Nach der Durchschneidung der vorderen Wurzel fand ich stets eine Degeneration des peripheren Stückes, während das centrale Ende normal blieb. Dieses Resultat konnte ich in mehreren Versuchen in vollkommen übereinstimmender Weise controliren. In dem Querschnitte des centralen Stückes der vorderen Wurzel sind nur grosskalibrige motorische Fasern vorhanden, in dem peripheren gemischten Nerven finden sich bei alleiniger Durchschneidung der motorischen Wurzel eine ganze Anzahl degenerirter Fasern.

Vejas (a. a. O.) berichtet, dass constant in allen Fällen, wo beide Wurzeln abgerissen wurden, die an dem Rückenmarke zurückgelassenen Stümpfe, sowohl der hintere wie auch der vordere, vollständig verschwunden waren. Mir scheint dieses sehr leicht dadurch erklärt, dass Vejas die Wurzeln ausriss, wodurch oft grössere Verletzungen, als man beabsichtigt, eintreten können, während man durch die einfache Durchschneidung mit möglichster Dislocirung der Fragmentenden diesen Uebelstand vermeidet. Vejas giebt selbst an, dass in einem Falle bei der hierbei verwendeten Gewalt Nebenverletzungen auftraten; jedenfalls muss solch' ein Vorkommniss zur Vorsicht in der Verwerthung der Resultate mahnen. Darum scheint es ganz natürlich, dass bei der von Vejas ausgeführten Methode nur deshalb keine

centralen Ueberbleibsel gefunden wurden, weil sie durch die gewaltsame Ausreissung entfernt waren. Diesen Einwand macht sich übrigens Vejas schon selbst. Die Schlussfolgerungen, welche deshalb Vejas aus diesen Ergebnissen zieht, sind hinfällig, weil ich seine Beobachtung, dass nach kurzer Zeit von den centralen Fasern der motorischen Nerven am Rückenmarke nichts zu sehen sei, nicht bestätigen kann, im Gegentheil, ich habe stets deren unverändertes Fortbestehen constatiren können.

Die weiteren Resultate, welche ich bei meinen Durchschneidungsversuchen erhalten habe, schliessen sich in keiner Weise den von den früheren Autoren mitgetheilten Beobachtungen an.

Ein wesentliches Interesse knüpft sich an die Frage, welche Veränderungen treten an den Spinalganglien und der hinteren Wurzel auf, wenn die Durchschneidung des Nerven peripher von dem Ganglion vorgenommen wird? Dass in diesem Falle der periphere Nerv vollkommen in derselben Weise degenerirt, als ob das ganze Spinalganglion sammt dem correspondirenden Stücke der vorderen Wurzel exstirpirt wäre, darüber stimmen alle Beobachter überein. In der That sieht man in Zerzupfungspraeparaten von Nerven, welche mit Osmium behandelt und mit Pikrocarmin nachgefärbt sind, fast gar keine normalen Nervenfasern mehr. Ueberall bestehen die ausgesprochensten Degenerationserscheinungen. Die Fasern sind schmal, um das Mehrfache dünner als die normalen, die Kerne der Schwann'schen Scheiden sind vermehrt, diese selbst fast ganz zusammengefallen und nur an einzelnen Stellen noch mit Resten des Markes in Kugelform angefüllt; nirgends ist eine Spur von Axencylinder zu erkennen. Die Degenerationen weichen in nichts von den bekannten Bildern ab, wie sie besonders schön von Ranvier in seinen Vorlesungen über die Histologie des Nervensystems wiedergegeben sind. In einem derartigen Querschnitte des zweiten Halsnerven, welcher 51 Tage nach der Durchschneidung einer Katze entnommen ist, sieht man dann die Kerne zwischen den einzelnen Nervenfasern, wie ganz besonders im Inneren der Schwann'schen Scheiden, ausserordentlich stark vermehrt. Nur sehr wenige Nervenfasern enthalten einen normalen scharfen Axencylinder, in den meisten ist derselbe geschwunden, das Mark ist zerfallen und vielfach haben sich die Schwann'schen Scheiden in unregelmässigen Contouren aneinandergelegt. In vielen Querschnitten ist die Structur einer Nervenfaser kaum noch zu erkennen. Alles in Allem das Bild einer stark ausgesprochenen Degeneration.

Ueber das Schicksal des Spinalganglions bei dieser Versuchsabänderung (Durchschneidung des Nerven peripher von seinem Ganglion) standen sich bisher zwei Ansichten diametral gegenüber.

Waller sprach sich über diesen Punkt zwar nicht direct aus, indess nach seinen Schlussfolgerungen und seiner Ansicht von der Bipolarität der

Ganglienzelle muss man annehmen, dass das Ganglion normal befunden wurde. Cl. Bernard hebt dieses normale Verhalten des Ganglions und der hinteren Wurzel besonders hervor. Vejas dagegen fand, dass das Ganglion bei Durchtrennung der peripherischen Fasern zu Grunde geht, über das Schicksal der hinteren Wurzel berichtet er uns nichts.

Ich fand nun bei meinen an mehreren Thieren vorgenommenen Durchschneidungsversuchen stets dasselbe Resultat, welches sich kurz dahin praecisiren lässt: partielle Degeneration des Spinalganglions und der hinteren Wurzel.

Ueber den Zustand des Spinalganglions wird man sich ein entscheidendes Urtheil erst erlauben dürfen, wenn man die normalen Verhältnisse zum Vergleiche in Betracht zieht. Dieser Umstand ist bisher vielleicht nicht immer scharf genug berücksichtigt worden, so dass dadurch Täuschungen entstanden sind.

Betrachten wir das Bild eines Ganglions des zweiten Halsnerven nach peripherer Durchschneidung, so finden wir hier allerdings eine beträchtliche Kernanhäufung, indess bei einem Vergleich mit einem normalen Ganglion wird uns auffallen, dass auch normalerweise in dem Intervertebralganglion der Katze eine starke Kernanhäufung vorhanden ist. Ob nun eine Differenz zwischen solchen Ganglienquerschnitten zu constatiren ist, lässt sich nur nach der Durchsicht einer grösseren Reihe von Praeparaten behaupten, ich neige mich, in Uebereinstimmung mit den HH. Prof. Fritsch und Dr. Benda, der Ansicht zu, dass eine Kernvermehrung nicht statt hat. Allerdings lässt sich nicht leugnen, dass an einer Stelle, nämlich in der Umgebung der Ganglienzellen selbst, in einigen Praeparaten die Kerne vielleicht in grösserer Anzahl vorhanden sind, aber dann ist diese Zunahme auch nicht gerade als eine hochgradige zu bezeichnen. Während man einen einfachen Kranz von Kernen um eine Ganglienzelle bei der Katze noch als in das Bereich des Normalen fallend wird bezeichnen müssen, findet man allerdings an manchen Stellen eine mehrfache Schichtung der Kerne und ein directes Einwandern der Kerne in die Ganglienzellen. Von einer Atrophie der Ganglienzellen ist aber in keinem einzigen der Praeparate eine Spur zu entdecken. Allerdings besteht nicht selten Vacuolenbildung in den Ganglienzellen, der Protoplasmainhalt hat sich von dem Mantel retrahirt und dadurch Veranlassung zu Vacuolenbildung gegeben. Das sind aber Erscheinungen, welche einfach auf die Härtung zu beziehen sind und in's Bereich des Normalen fallen. Eine Atrophie der Ganglienzellen kann in keinem Falle zugegeben werden. Wenn hin und wieder an einzelnen Stellen eine Kernvermehrung und sogar ein Eindringen der Kerne in die Vacuolen gefunden wurde, so scheint mir dies doch noch weit von einem Zugrundegehen derselben, wie Vejas es beschreibt, entfernt zu sein. Ich füge hinzu,

dass die Spinalganglien 6—8 Wochen nach der Operation zur mikroskopischen Untersuchung conservirt wurden.

Anders verhält es sich nun mit den Nervenquerschnitten in dem Ganglion: Neben einer überwiegend grossen Anzahl normaler ist auch eine gewisse Summe degenerirter Nervenfasern zu constatiren, welche zwar nicht über die normalen überwiegen, aber doch zahlreich genug sind, um als solche nicht übersehen zu werden.

Das gleiche Verhältniss zeigt die hintere Wurzel nach einer derartigen Nervendurchschneidung. Zwar lässt sich numerisch keine Verhältnissangabe machen, indess ist das Vorhandensein einer Anzahl von degenerirten Nervenfasern unzweifelhaft und sicher zu constatiren. Ich will also nochmals betonen, dass ich nach der Durchschneidung des peripheren Nerven eine partielle Degeneration des Ganglions und der hinteren Wurzel gefunden habe.

Wenn die Anzahl der degenerirten Fasern in dem Ganglion und der hinteren Wurzel bei diesen Experimenten keine sehr grosse ist, so überwiegt sie doch dermaassen, dass man sie nicht mehr in das Bereich des Normalen ziehen kann. Gerade im Hinblicke auf die Arbeiten von S. Mayer[1] aus denen wir ersehen haben, dass auch im normalen Nerven ein steter Wechsel von De- und Regeneration stattfindet, möchte ich das Pathologische der hier gefundenen Verhältnisse hervorheben.

Es ist sehr zu bedauern, dass Vejas sich nicht veranlasst gesehen hat, seiner Dissertation einige Abbildungen der thatsächlich gefundenen Verhältnisse beizugeben. Unzweifelhaft muss man von einem Beobachter, welcher, wie er, seine Resultate zum Ausgangspunkte weitgehender reformatorischer Anschauungen macht, auch verlangen, dass er Belege für seine Ausführungen in Form von Abbildungen der Oeffentlichkeit übergiebt. Es fällt auch auf, dass in der ganzen Abhandlung sich niemals eine genaue Beschreibung der Art der Degeneration findet, sondern nur mit ein paar Worten, Erhaltenbleiben bez. Zugrundegehen von Gebilden, der ganze Befund abgethan wird.

Waller und Cl. Bernard beschreiben zwar das Ganglion und die hintere Wurzel nach peripherer Durchschneidung als vollkommen normal, indess zur Zeit dieser beiden Beobachter, im fünften Decennium dieses Jahrhunderts, war die mikroskopische Technik noch so wenig entwickelt, dass man eine nicht sehr hochgradige Veränderung, wie eine partielle Degeneration von Nerven, wohl übersehen konnte.

Nicht minder leicht als die periphere Nervendurchschneidung gelingt an dem zweiten Halsnerven die Durchtrennung der hinteren Wurzel zwischen Rückenmark und Ganglion. Das Resultat, welches sich hiernach ein-

---

[1] *Prager Zeitschrift für praktische Heilkunde.* 1881.

stellt, ist kurz folgendes: In dem centralen, dem Rückenmarke adhaerirenden Stücke der hinteren Wurzel, findet eine hochgradige Degeneration statt, und nur ein geringer Theil der Nervenfasern erscheint noch normal. Das periphere, dem Ganglion anhaftende Stück, ebenso das Ganglion und der periphere gemischte Nerv zeigen fast nur normale Nervenfasern, aber man sieht dazwischen auch einige degenerirte, indess überwiegen die normalen in bedeutend grosser Anzahl. Die Kernvermehrung ist recht auffällig.

Wenn ich schliesslich in schematischer Weise die von mir gefundenen Resultate resumire, so würden sich etwa folgende Verhältnisse ergeben:

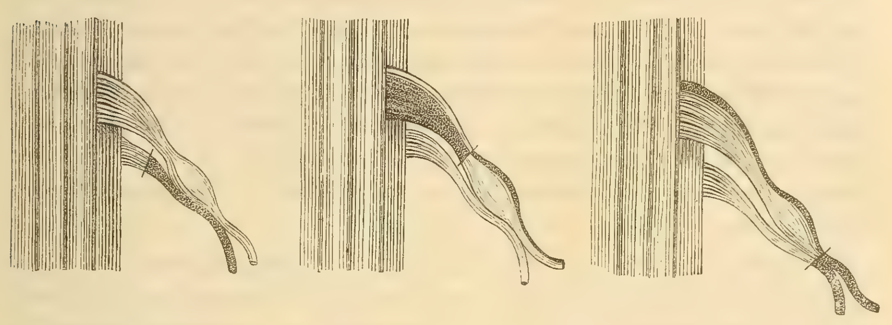


Fig. 1. Ffg. 2. Fig. 3.

Fig. 1. Durchschneidung der motorischen Wurzel.
Fig. 2. Durchschneidung der sensiblen Wurzel central vom Ganglion.
Fig. 3. Durchschneidung .des gemischten Nerven peripher vom Ganglion.

Welche Schlüsse können wir nun aus diesen experimentell gewonnenen Thatsachen ziehen?

Die unzweideutigste Erklärung lässt sich für die Durchschneidungsversuche an der vorderen Wurzel geben. Hier bleibt das centrale Stück normal, die peripheren Fasern degeneriren. Dass hiernach das trophische Centrum für die motorischen Nerven im Rückenmarke gelegen ist, dürfte keinem Widerspruche begegnen und ist durch mannigfache pathologische Beobachtungen gestützt.

Die Aufklärung, welche das Experiment über die Rolle der Spinalganglien giebt, scheint mir ebenfalls eindeutig zu sein. Sie befindet sich in vollkommener Uebereinstimmung mit den neuesten anatomischen Anschauungen.

Nach der Durchschneidung der hinteren Wurzel zwischen Rückenmark und Ganglion bleiben das letztere und der periphere Nerv in ihren anatomischen Kennzeichen, wenigstens zum grössten Theile, vollkommen unverändert. Die Spinalganglienzellen und die peripheren Nervenfasern bleiben normal. Wir können es vorläufig übersehen, dass in diesem Falle aller-

dings auch einige, aber nur wenige, Nervenfasern degenerirt angetroffen wurden. Welche Bedeutung diese haben, wird uns später obliegen zu erklären. Dass aber nach der Aufhebung der Communication mit dem Rückenmarke das Spinalganglion und der periphere Nerv doch noch in ihrer Structur unverändert bleiben, das lässt allerdings darauf schliessen, dass dem Spinalganglion eine gewisse eigene nutritive Kraft innewohnt, vermöge deren es ihm gelingt, selbst ohne Zusammenhang mit dem Centralorgane, die Stoffwechselvorgänge in dem peripheren Nerven soweit zu reguliren, dass keine auffällige Störung eintritt. Wenigstens lässt sich dies für eine gewisse Zeit constatiren, ob für immer, das steht noch dahin. Ich möchte daher wenigstens nicht unterlassen, darauf aufmerksam zu machen, dass die Experimente der früheren Autoren, sowie meine eigenen sich immer nur auf einen kleinen Zeitraum beschränkten, auf 6—8 Wochen. Während dieser Zeit vermochte allerdings das Ganglion die normale Structur in dem peripheren Nerven aufrecht zu erhalten, ob auf längere Zeit, z. B. auf Jahre hinaus auch diese selbständige Kraft gewahrt bliebe, muss zunächst noch unentschieden bleiben.

Hier wird am besten die Pathologie die physiologischen Vorgänge illustriren können und solche abnorme Entwickelungsvorgänge, in welchen von vorne herein das Ganglion ohne Communication mit dem Centralorgane bestand, würden gewiss die allerhöchste Beachtung verdienen. Schlüsse, welche hieraus zu ziehen wären, könnten jedenfalls das Experiment erweitern.

Vejas (a. a. O.) befand sich in der glücklichen Lage, das Ganglion Gasseri eines Kalbes untersuchen zu können, bei welchem der rechte Trigeminus gar nicht zur Entwickelung gekommen war. Es war also das Ganglion ohne jede Communication mit dem Gehirne und sendete Fasern nach der Peripherie. Ueber das Alter des Thieres findet sich leider kein Aufschluss. Vejas berichtet uns nur von der Untersuchung des Ganglions und des N. infraorbitalis. Das Ganglion selbst bestand aus ganz normalen Zellen. Der Infraorbitalis stellte, nach den eigenen Worten des Autors, ein ansehnliches Bündelchen dar. Bei der mikroskopischen Untersuchung (Behandlung mit Osmiumsäure) stellte sich heraus, dass der Nerv beträchtlich dünner war, als auf der gesunden Seite und zugleich grau aussah, vollständig normale Fasern enthielt, welche nur den Eindruck machten, als wären sie von kleinerem Caliber im Verhältniss zu denen der anderen Seite. Die Fasern waren in Bündelchen angeordnet, welche von einander durch reichliches Bindegewebe getrennt waren.

Die Schlussfolgerung, welche Vejas hieraus zieht, scheint mir vollkommen ungerechtfertigt. Er nimmt die vollkommene Selbständigkeit des Ganglions von den Centraltheilen an und argumentirt weiter, dass es sich

im entgegengesetzten Falle gar nicht bilden oder doch ein kümmerliches Gebilde darstellen würde.

Sehen wir aber genauer zu, so ergiebt sich in der That aus den Resultaten von Vejas genau das Gegentheil von dem, was er folgert. Der Infraorbitalis war in dem beschriebenen Falle nicht normal. Im Gegentheil scheint mir Vejas unbewusst in der anschaulichsten Weise die partielle Degeneration eines peripheren sensiblen Nerven, dessen Ganglion ohne Communication mit dem Centrum war, beschrieben zu haben. Es ist dazu genügend, dass der Nerv dünner wie der normale war, zugleich grau aussah und die einzelnen Fasern ebenfalls von kleinerem Caliber waren. Dazu kommt noch, dass die einzelnen Faserbündel durch reichliches Bindegewebe von einander getrennt waren.

Betrachtet man nun von diesem Gesichtspunkte aus die Thierexperimente von Vejas, so beweisen auch diese nicht das, was beabsichtigt wurde.

Bei zwei, wenige Tage alten Kaninchen wurde das Rückenmark im Bereiche des 10. bis 12. Wirbels entfernt. Hierbei rissen die Wurzeln aus, sie blieben danach mit ihren Ganglien zurück. Die Thiere wurden später getödtet, nach wie langer Zeit ist nicht genau angegeben, doch scheint, nach den späteren Ausführungen zu schliessen, die Zeit ungefähr einen Monat betragen zu haben. Es ergab sich dann, dass diese Ganglien etwas kleiner als die normalen waren. Nach der Peripherie zu ging von den Ganglien ein dünner weisser Nerv ab.

Unbeschadet dessen, dass Vejas in diesem letzteren Falle die Ganglienzellen normal fand, scheint mir aus den Thierexperimenten sowie aus dem pathologischen Vorkommniss beim Kalbe nur ein Schluss berechtigt, welcher auch durch meine Experimente vollkommen bestätigt wird:

Es gehen vom Rückenmarke eine Anzahl Fasern direct durch das Ganglion, ohne mit den Zellen desselben in Verbindung zu treten, hindurch, und wenden sich dann der Peripherie zu.

Angesichts dieser Schlussfolgerung lassen auch die von Vejas berichteten Beobachtungen eine ganz andere Deutung zu. Nach Aufhebung der Communication des Ganglions mit dem Centralorgane wurden die Ganglien und der periphere Nerv eben deshalb dünner befunden, weil hier ein Fasersystem fehlte, nämlich die directen Fasern, welche vom Centrum direct durch das Ganglion hindurch nach der Peripherie ziehen.

Hiermit stimmen auch sehr gut meine Ergebnisse überein. Ich fand nach Durchschneidung der hinteren Wurzel in dem Stücke derselben, welches dem Ganglion noch anhaftete, eine partielle Degeneration der Fasern. In gleichem Grade war dieselbe in dem Ganglion und dem peripheren Nerven ausgesprochen. Da sie nur geringgradig war und sich auf die

kleinste Anzahl von Fasern beschränkte, so ist es vielleicht erklärlich, dass sie früheren Beobachtern entgangen war.

Jedenfalls fällt hiernach der Einwand Stiénon's (a. a. O.) fort, es sei unwahrscheinlich, dass in den Spinalganglien durchtretende Fasern existiren, weil nach Durchschneidung der hinteren Wurzel alle zwischen Schnittstelle und Ganglion gelegenen Fasern ihre Integrität bewahren. Wir sahen eben, dass in diesem Stücke der hinteren Wurzel eine partielle Degeneration eintritt. Auch dass in meinen Experimenten mit Durchschneidung des Nerven peripher vom Ganglion eine partielle Degeneration des Ganglions sowie der hinteren Wurzel angetroffen wurde, scheint mir sehr gut mit der Annahme directer durchtretender Nervenfasern zu harmoniren.

Die Existenz dieser Kategorie von Nervenfasern wird wohl auch von der grössten Anzahl Autoren zugegeben. Die Ernährung dieser Fasergattung findet von den Centraltheilen aus statt. Die Annahme Vulpian's,[1] dass diejenigen Nervenfasern, welche das Ganglion nur durchziehen, ohne in Verbindung mit seinen Zellen zu treten, doch bis zu einem gewissen Grade dem Einflusse dieser Zellen unterworfen scheinen, dürfte durch Thatsachen nicht gestützt sein.

Freilich bleibt noch immer selbst nach Anerkennung dieses directen Fasersystemes und der durch die Ausschaltung desselben bedingten Erscheinungen, die eine Thatsache bestehen, welche von Vejas genügend hervorgehoben wurde und auch von mir nur bestätigt werden kann, dass selbst nach Aufhebung der Verbindung mit dem Rückenmarke die Ganglienzellen doch normal bleiben.

Vejas vermeidet es zwar in seiner Arbeit, sich ganz bestimmt über die Rolle der Spinalganglien auszusprechen, scheint aber nicht abgeneigt, diese Gebilde als ziemlich selbständig hinzustellen und ihnen einen hohen Grad von eigener Nutritionskraft zuzuertheilen.

Leider besteht gerade in der Frage von den trophischen Functionen der Spinalganglien noch eine gewisse Verwirrung und es dürfte deshalb gut sein, zur Klarstellung des Gegenstandes die hierüber bestehenden Ansichten einander praecise gegenüberzustellen.

Waller hatte weiter nichts behauptet, als dass die Spinalganglien die Eigenschaft besitzen, die Structur der sensiblen Nerven unverändert zu erhalten. Daher müsse man in ihnen Centren für die Erhaltung der sensiblen Nervenfasern anerkennen.

Eine weitergehende Anschauung rührt von Axmann[1] her. Derselbe

---

[1] Remarques générales sur les Ganglions des racines postérieures des nerfs rachidiens. *Journal de Physiologie.* 1862.

[2] *De Gangliorum systematis structura penitiori ejusque functionibus.* Diss. inaug. anat.-physiol. Berlin 1847. — Die zweite Abhandlung desselben Autors: *Beiträge zur*

schrieb den Intervertebralganglien trophische Functionen für die Erhaltung peripherer Gebilde zu; hier sollten trophische Centren liegen, von welchen aus periphere Gebilde in ihrer Integrität erhalten würden.

Der Unterschied beider Anschauungen ist ein evidenter. Während nun aber Waller seine genialen Experimente zu Gebote standen, welche wenigstens in diesem Theile sowohl von Vejas als mir bestätigt worden sind, müssen wir uns fragen, welche Thatsachen konnte Axmann für seine Anschauungen geltend machen?

Axmann constatirte bei Fröschen „nach Exstirpation des Gehirnes und Rückenmarkes (natürlich bei Erhaltung der Medulla oblongata) das Fortbestehen der normalen Ernährung der Gewebe". Ich glaube, dass man gegen diese Versuche nicht skeptisch genug sein kann. Noch viel mehr scheint mir dies bei der zweiten Versuchsreihe angebracht. Nach Durchschneidung des aus dem Ganglion austretenden Nervenstammes zwischen Ganglion und Ram. communicans wurden grosse Veränderungen beobachtet welche in Verbleichung der Haut, Erweichung und Zerreissbarkeit der Gewebe bestanden, und in deren Gefolge Extravasate, Auflösung und Verminderung der Blutkörperchen, Cession der Secretion der Galle und des Urins, Wassersucht mit Harnsäure und Gallenfarbstoff der hydropischen Flüssigkeit auftraten. Eine ganze Reihe von Symptomen, welche meines Erachtens zu jedem anderen Schlusse berechtigen, nur nicht zu dem von Exmann betonten, dass die Spinalganglien der Ernährung und der Secretion vorstehen!

Das Bedauern von Vejas, dass man in der wissenschaftlichen Welt den Experimenten Axmann's so wenig Beachtung schenkte und dieselben so fast ganz der Vergessenheit anheimgefallen sind, scheint mir nicht gerechtfertigt. Ein unbefangener Beobachter wird sich dem ablehnenden Standpunkte anschliessen müssen.

Auch Vejas hat, wie ich schon oben ausgeführt, keine beweiskräftigen Experimente für die physiologische Selbständigkeit der Spinalganglien bei gebracht.

Auf den ersten Blick könnte es scheinen, als ob die entwickelungsgeschichtliche Anlage der Spinalganglien uns einen Aufschluss über ihre physiologische Function geben könnte, indess auch auf diesem Gebiete scheinen noch Zweifel genug zu bestehen.

In jüngster Zeit hat His[1] bei 4—5 wöchentlichen Embryonen die Ganglienanlagen vom Rückenmarke durchaus geschieden gefunden. Da-

---

mikroskopischen Anatomie und Physiologie des Ganglienenervensystems der Menschen und der Wirbelthiere, Berlin 1853, konnte ich mir leider nicht verschaffen.

[1] *Tageblatt der Naturforscherversammlung zu Berlin.* 1886.

nach stammen die Spinalganglien nicht vom Rückenmarke, sondern von einer neben demselben gelegenen Anlage ab, welche neben der Medullarrinne im Ektoderm zu suchen sei. Nach Schluss der Medullarrinne gehe daraus ein an der dorsalen Seite des Medullarrohres zwischen diesem und dem Ektoderm gelegener Strang hervor, welcher sich weiterhin in Form zweier Stränge neben das Medullarrohr lege und durch Abgliederung die Spinalganglien liefere. Die Ganglienzellen strecken sich und entwickeln zwei Ausläufer, von denen einer als hintere Wurzel in das Rückenmark eintritt, der andere sich peripheriewärts entwickelt. Der Kern der spinalen Ganglienzelle rückt excentrisch zur Seite, und damit leitet sich die Bildung T-förmiger Fasern ein.

Hiernach scheint allerdings die Anlage der Spinalganglien gesondert vom Centralorgane vor sich zu gehen, indess, worauf es uns hier besonders ankommt, auch His giebt zu, dass durch die Bildung der T-förmigen Fasern ein engerer Zusammenhang zwischen Centralorgan und Spinalganglienzellen gewahrt bleibt. In welcher Weise diese secundäre Verbindung stattfindet, diese Frage lässt auch His unbeantwortet. Welcher Art sie aber auch immer sein möge, vorhanden ist sie jedenfalls.

Einen Haupteinwand gegen die Waller'schen Ansichten erblickt aber Vejas in der Unipolarität der Ganglienzelle. Wenn nun auch zugegeben werden muss, dass diese Theorie noch eine Anzahl beredter Vertheidiger hat, so ist doch nicht zu vergessen, dass diese Anschauung bisher noch weit davon entfernt ist, allgemein als thatsächlich begründet angesehen zu werden. Im Gegentheil, es mehren sich gerade in neuester Zeit die Anzahl Derjenigen, welche das Vorkommen einer unipolaren Ganglienzelle überhaupt bestreiten.

Ich würde es nicht gewagt haben, in dieser Frage meine bescheidene Meinung abzugeben, wenn nicht vor Kurzem eine Arbeit von Prof. Fritsch[1] erschienen wäre, in welcher in vollkommenster Weise auf anatomischem Wege dieselben Anschauungen entwickelt werden, wie sie sich mir auf Grund des Experimentes aufgedrängt haben.

Fritsch fand bei dem Studium feiner Schnitte vom Ganglion Gasseri des Lophius piscatorius wiederholt die als unipolar bezeichneten Zellen, er konnte aber an ihnen zahlreiche sehr feine Protoplasmafortsätze constatiren, welche die ersten Schichten der Kapsel durchbrechend, in scheidenartigem Hohlraum eingebettet, als Querschnitte jenseits wieder erschienen. Von diesen Zellen, deren Fortsätze im Allgemeinen eine Tendenz zur Verschmelzung zeigen, werden also ausser dem Hauptfortsatze noch eine oder

---

[1] Ueber einige bemerkenswerthe Elemente des Centralnervensystems von Lophius piscatorius L. *Archiv für mikroskopische Anatomie.* Bd. XXVII. S. 13.

mehrere Fasern entsendet. Diese Zellkategorie, welche nicht unipolar ist, sondern bei welcher nur der eine Fortsatz in sehr bedeutendem Maasse dominirt, wünscht er als pseudo-unipolare oder regentipolare Zellen bezeichnet zu wissen. Im Anschlusse hieran wirft Fritsch die Frage auf, ob diese pseudo-unipolaren Zellen etwa nur eine Besonderheit gerade des Lophius wären. Keineswegs, sondern ähnliche Bilder erhielt er bei anderen Fischen und sehr feine Schnitte der Spinalganglien des Kaninchens zeigten ausser dem Hauptfortsatze noch zarte Protoplasmafortsätze, welche zur Kapselwand zogen, eine Durchbohrung der Kapsel liess sich freilich bei der Zartheit der Theile nicht mehr mit Sicherheit feststellen.

Besonderes Gewicht möchte ich auch noch auf die weiteren Ausführungen von Fritsch legen, worin er seiner wissenschaftlichen Ueberzeugung Ausdruck giebt, dass es der Natur der Ganglienzellen überhaupt widerspricht, als einzelnes Element nur eine Verbindung mit der Peripherie zu haben. Es sei gar nicht zu verstehen, wie sie conform mit ihren Kameraden arbeiten und als ganze Gruppen sich in den so künstlich abgetrennten Organismus einfügen sollten, wenn nicht eine Beeinflussung der einzelnen Zellen und damit der ganzen Gruppen durch leitende Verbindungen mit anderen Centraltheilen gegeben wäre. Eine wirklich unipolare Zelle sei für den Organismus nicht viel mehr werth als eine apolare Zelle.

Fritsch steht durchaus auf keinem einseitigen Standpunkte, sondern lässt die Anschauung, dass die unipolaren Zellen ihre Verbindung mit anderen Elementen des Nervensystems durch die T-förmigen Theilungen der einen Faser eingehen können, gerne gelten. Nur darauf muss Gewicht gelegt werden, dass, so mannigfach auch die Verbindung der Ganglienzellen mit anderen nervösen Elementen sein kann, doch stets das Hauptprincip der gleichseitigen Verbindung mit Centrum wie Peripherie gewahrt bleibt. Einen derartigen Modus hat Fritsch für die pseudo-unipolaren Zellen nachgewiesen.

Diese auf anatomischem Wege gewonnenen Anschauungen werden nun durch das physiologische Experiment noch erhärtet.

Nach der Durchschneidung des zweiten Halsnerven peripher von seinem Intervertebralganglion fand ich, dass die Ganglienzellen und der grösste Theil der hinteren Wurzel unverändert bleibt. Der Schluss, glaube ich, ist gerechtfertigt, dass diese Zellen eine nervöse Verbindung mit dem Centralnervensysteme besitzen und in ihrer Ernährung zum Theile von demselben abhängig sind. Denn anderenfalls wäre es doch nur denkbar, dass die ganze Verbindungsbrücke zwischen Rückenmark und Ganglion aus directen durchtretenden Fasern bestände, diese müssten aber nach Analogie mit den von uns gefundenen Thatsachen in dem langen Zeitraume,

welcher zwischen Durchschneidung und Untersuchung verfloss (51 Tage), bereits alle degenerirt sein.

Vejas fand unter den gleichen Verhältnissen das Ganglion zu Grunde gegangen, eine Beobachtung, welche ich nicht bestätigen kann. Vielleicht hängt dieser Befund mit einer bei der Operation unbeabsichtigten Verletzung des Ganglions zusammen, ein Versuchsfehler, welchen schon Waller genügend berücksichtigte, den Vejas aber ganz ausser Acht lässt. Gerade auf diesen Befund stützt er sich für seine Ansicht von der Unipolarität der Ganglienzelle und schreibt derselben eine sehr grosse Empfindlichkeit zu, so dass sie nach Durchschneidung ihres einzigen peripheren Ausläufers schon zu Grunde geht.

Abgesehen davon, dass diese Beobachtung nun im Gegensatze nicht nur zu meinen Befunden, sondern auch zu denen von Waller und Cl. Bernard steht, kann ich meine Verwunderung darüber nicht unterdrücken, woher Vejas die Berechtigung nimmt, die Ganglienzellen für so ausserordentlich empfindliche Organe zu halten. Im Gegentheil ich glaube, wir besitzen Anhaltspunkte genug dafür, dass die Ganglienzellen gerade als weitentwickelte Gebilde einen hohen Grad von nutritiver Activität besitzen und gegen Eingriffe gar nicht so sehr empfindlich reagiren.

Wenn allerdings nach der Durchschneidung der hinteren Wurzel die Ganglienzelle nicht zu Grunde geht, so ist dies kein voller Beweis dafür, dass dieselbe ein vom Centralorgane vollkommen unabhängiges Gebilde darstellt. Sie ist in ihrer Functionsausübung hauptsächlich auf den Zusammenhang mit dem Centralorgane angewiesen, aber sie besitzt einen so hohen Grad von eigener Lebensfähigkeit, dass sie eine Zeit lang in ihrem Dasein ungestört fortleben, ja sogar den Stoffwechsel in den von ihr abgehenden Nervenfasern reguliren kann. Wie lange Zeit dies freilich dauern kann und ob sie dann nicht doch zu Grunde geht, darüber fehlt uns bisher jeder Anhaltspunkt.

Das unveränderte Fortbestehen des Gros der Nervenfasern in der hinteren Wurzel nach peripherer Nervendurchschneidung scheint mir nur die Annahme zu gestatten, dass eine Verbindung zwischen Centralorgan und Ganglienzelle besteht.

Uebrigens ist es doch bemerkenswerth, dass selbst Vertheidiger der unipolaren Ganglienzellen, wie Vulpian (a. a. O.) doch zugeben, dass man angesichts der Waller'schen Versuche die gangliospinalen Fasern nicht gut vom Rückenmarke isoliren könne.

Bis auf Weiteres kann die Anschauung von Vejas, dass von den Spinalganglien unabhängige Fasern entstehen, welche mit einer bisher un-

bekannten Function betraut sind, nur Anspruch auf eine unbewiesene Hypothese machen. Durch Thatsachen wird sie nicht gestützt.

Was wir bisher einzig und allein aus gut beobachteten Thatsachen schliessen können, ist, dass in den Spinalganglien ein selbständiges oder regulatorisches Centrum für die sensiblen Nervenfasern vorhanden ist, welches deren Stoffwechselvorgänge beherrscht. Für die Anschauung, dass in den Spinalganglien Ernährungscentren für die peripheren Gewebe bestehen, besitzen wir bisher keinen Anhalt, im Gegentheil, pathologische Beobachtungen scheinen vielmehr darauf hinzuweisen, dass die trophischen Centren für die peripherischen Gebiete ihren Sitz nur, oder wenigstens hauptsächlich, in den Centralorganen haben.

Zur Kenntniss der sensiblen Nerven und Reflexapparate des Rückenmarkes.

Von

K. Hällstén[1]
in Helsingfors.

8. Muskelreflexe vermittelst Hautreizung.

In der Abhandlung 5 wurden die Verhältnisse dargelegt, welche die Reflexpraeparate bei Reizung der Haut zeigen; ich bin bei verschiedenen Gelegenheiten zu dieser Frage zurückgekehrt, um zu prüfen, ob die Versuche in anderen Jahreszeiten nicht andere und in gewissen Fällen deutlichere Resultate geben würden. Wiederholung der Versuche zu verschiedenen Jahreszeiten — ausser im Herbst auch im Februar, März und Juni — liessen doch keine anderen, als die schon in der Abhandlung 5 beschriebenen Resultate hervortreten; die Reflexpraeparate zeigen freilich in den verschiedenen Jahreszeiten verschiedene Verhältnisse, aber die Veränderungen treten bei Reizung der Haut nur undeutlich hervor. Aus diesem Grunde kann die Darlegung der Resultate hier ganz kurz gefasst werden; es sind eigentlich nur einige Ergänzungen, die ich hier zu machen habe.

Die bei den Versuchen in Abhandlung 5 angewandten Reflexpraeparate sind vielleicht unvollständig zum Hervorrufen von Muskelreflexen von der Haut aus; es war nämlich in den dort beschriebenen Versuchen nur der Muscul. gastrocnem. im Praeparate erhalten; die Wirkung dieses Muskels als Extensor hat vielleicht zur Folge, dass keine Reflexe bei Hautreizung hervortreten. Ich habe daher die Versuche an Praeparaten complettirt, an denen nicht nur der M. gastrocnemius, sondern alle Muskeln am Unterschenkel erhalten waren. Derartige Praeparate haben jedoch im Vergleich mit den

---

[1] S. vorigen Jahrgang S. 92—125, S. 500—517.

bei den früheren Versuchen angewandten, gewisse Unbequemlichkeiten; sie können nämlich nicht so gut fixirt werden wie die ersteren; ferner gestatten sie nicht mehr die Grösse der Reflexzuckungen mit dem Myographion zu messen; in diesem Falle sind die eingetretenen Reflexbewegungen nur mit dem Auge zu beurteilen. Es wurde schon angedeutet, dass diese Reflexpraeparate keine anderen Versuchsresultate hervortreten liessen, als die schon beschriebenen.

Es wurde ferner in Abhandlung 5. 1 hervorgehoben, dass die Reflexzuckungen, welche durch Inductionsströme bei Einwirkung auf die Haut hervorgerufen werden, vielleicht von den peripherischen Verzweigungen der sensiblen Nerven, und nicht von ihren peripherischen Endapparaten in der Haut ausgehen. Folgende Versuche an Praeparaten von strychninisirten Thieren scheinen uns dieses zu zeigen.

Versuch 1. Einfaches Reflexpraeparat von einem strychninisirten Thiere verfertigt, nachdem bei Reizung deutliche Reaction eintrat (das Rückenmark war also im dritten Wirbel durchschnitten). Auf der einen Seite war der M. gastrocnemius auf gewöhnliche Weise im Myographion befestigt; auf der anderen Seite war die Haut über dem Unterschenkel und Fuss erhalten, aber vom Femur waren alle Theile ausser dem Nervenstamme entfernt. Der Unterschenkel an der letzteren Extremität wurde, wie in Abhandlunng 5 angegeben ist, mit zwei Thonringen umgeben; die Reizung geschah mit Inductionsströmen. Der minimale Reiz zur Hervorrufung von Reflexzuckungen im M. gastrocnemius der anderen Seite wurde bei einem Abstande von 160^{mm} zwischen den Inductionsrollen erhalten; darauf wurden die Thonringe abgenommen und die Haut vollständig entfernt; als jetzt die Thonringe und Elektroden auf dieselbe Weise wie im vorigen Falle auf dem hautlosen Unterschenkel angeordnet wurden, gab der eben angewandte Reiz heftige Reflexzuckungen, und zum Erzielen minimaler Reflexzuckungen musste der Abstand zwischen den Rollen auf 190^{mm} erhöht werden.

Versuch 2, mit der Veränderung ausgeführt, dass alle Muskeln in beiden Extremitäten beibehalten waren; das Praeparat wurde in diesem Falle auf passender Unterlage in horizontaler Lage fixirt; ferner wurden beide Unterschenkel mit Thonringen umgeben, welche jeder mit seinem Paare unpolarisirbarer Elektroden in Verbindung gesetzt wurde, so dass die Reizung nach Belieben an dem hautlosen oder hautbekleideten Unterschenkel ausgeführt werden konnte. Reizung der hautlosen Extremität rief in der anderen Extremität Reflexzuckung von minimaler Grösse bei einem Abstande von 215 bis 220^{mm} zwischen den Rollen hervor; von der hautbekleideten dagegen trat bei dieser Lage der secundären Spiralen kein Reflex auf der entgegengesetzten Seite hervor; um einen solchen zu erlangen musste, der Abstand auf 185 bis 170^{mm} vermindert werden. — Zuletzt wurde der

Nervenstamm am Oberschenkel der einen Seite durchschnitten; bei erneuerten Reizungsversuchen wurden jetzt keine Zuckungen auf der entgegengesetzten Seite erhalten; die Zuckungen in den vorigen Versuchen beruhten also nicht auf unipolärer Reizung sondern auf Reflex.

Diese Erscheinungen können so gedeutet werden, dass in einem Falle die feinsten Zweige der Nerven gereizt werden und im anderen ihre peripherischen Endapparate in der Haut, dass aber im letzteren Falle der Reiz grössere Stärke haben muss. Der Unterschied, wenn auch deutlich, ist inzwischen nicht sehr gross und kann auch vom grösseren Leitungswiderstande abgeleitet werden, den das Epithellager der Haut ausübt. Unter solchen Verhältnissen ist es möglich, dass die Reizung auch in der hautbekleideten Extremität von den Nervenstämmen ausgeht und nicht von den peripherischen Endapparaten.

Ganz gleiche Versuchsresultate traten auch bei Anwendung des constanten Stromes als Reizmittel hervor; z. B. erhielten wir in einem Versuche an einem strychninisirten Praeparate, der auf dieselbe Weise wie in Versuch 2 ausgeführt wurde, mit dem constanten Strome als Reizmittel, mit einem Daniell bei einer Rheochordlage von 20 – 21 ^{cm} von der hautlosen Extremität aus gerade merkbaren Reflex in der anderen Extremität; von der hautbekleideten Extremität aus dagegen erfolgte bei dieser Stromstärke kein Reflex auf der entgegengesetzten Seite, sondern es musste, zum Hervorrufen gerade merkbarer Reflexzuckungen, der Strom durch Verschiebung des Rheochordbügels von der ersteren Lage auf ungefähr 55 ^{cm} verstärkt werden.

Solche vergleichende Untersuchungen scheinen uns zu zeigen, dass elektrische Ströme in den vorher beschriebenen Versuchen den Reflex überhaupt nicht durch Reizung der Endapparate in der Haut hervorgerufen haben, selbst nicht in Praeparaten von strychninisirten Thieren, sondern dass der Reflex, wo er hervortrat, — nämlich durch Inductionsströme oder, in strychninisirten Praeparaten, auch vermittelst constanten Stromes — auf Reizung der Nervenfasern unter der Epithelbekleidung beruhte.

Von chemischen Reizmitteln, welche wir zum Hervorrufen von Reflexen von der Haut aus angewandt haben, erwiesen sich unwirksam: Glycerin pur., concentrirte Rohrzuckerlösung und 30 procentige Lösung von Harnstoff; die Verhältnisse blieben auch in Praeparaten von strychninisirten Thieren unverändert.

Hier entsteht nun die Frage, ob diese unwirksamen Mittel überhaupt die peripherischen Enden der Nerven reizen: es ist uns nicht gelungen, eine positive Antwort auf diese Frage zu finden. Wird ein intacter, auf passende Weise fixirter Frosch mit den erwähnten chemischenStoffen gereizt, so liegt das Thier ruhig und Nichts deutet auf eine eingetretene Reizung;

wird die Reizung unter denselben Verhältnissen mit elektrischen Strömen (Inductions- oder constantem Strom) von allmählich zunehmender Stärke ausgeführt, so treten zuerst Zuckungen auf der Stelle auf, wo die unpolarisirbaren Elektroden die Haut berühren, aber es ist keine andere Reaction zu bemerken.

Als wirksame Reizmittel in einfachen Reflexpraeparaten haben sich dagegen gezeigt Säuren (Essigsäure, Chlorwasserstoffsäure und Schwefelsäure), Alkalien, Chlornatrium so wie mechanische Mittel. Mit Säuren und Alkalien werden, wie bekannt, sogar heftige und ausgedehnte Reflexe hervorgerufen, und die Versuche schlagen wohl nie fehl, wenn alle Muskeln an der anderen Extremität erhalten sind. Bei Reizung mit Chlornatriumlösung dagegen und auch durch mechanische Mittel wird mitunter keine Wirkung erzielt.

Was nun weiter die Frage betrifft, ob Strychninvergiftung einen Einfluss ausübt, bez. das Hervortreten der Reflexe bei Reizung der Haut mit diesen wirksamen Mitteln erleichtert, so haben unsere Versuche keine bestimmte Antwort gegeben. Bei Reizung mit mechanischen Mitteln erhält man freilich in Praeparaten von strychninisirten Thieren viel leichter Reflexe zu den Muskeln der anderen Extremität; aber dieses Verhalten kann in Uebereinstimmung mit dem, was die Versuche an strychninisirten Praeparaten in Abhandlung 5, 1. A kennen gelehrt, auf Reizung der Nervenstämme in der Haut beruhen. — Bei Reizungsversuchen mit Säuren und Alkalien wieder zeigen die Praeparate sowohl von frischen als strychninisirten Thieren dasselbe Resultat; heftige Reflexe treten in beiden Fällen so zu sagen unmittelbar auf. (Die Praeparate von strychninisirten Thieren wurden in einem früheren Vergiftungsstadium hergestellt, als das Thier auf Reizung deutlich reagirte, aber noch kein Krampfanfall aufgetreten war.) — Verminderung des Concentrationsgrades der Reizmittel und Vergleichung der Wirkungen, welche durch die so geschwächten Reizmittel in beiden Praeparaten hervorgerufen werden, haben keine constant wiederkehrenden Resultate gegeben.

Es ist also nur eine beschränkte Anzahl der gewöhnlichen Reizmittel, welche in einfachen Reflexpraeparaten bei Reizung der Haut wirksam sind. Für die allgemeine Frage, welche in der Abhandlung 5 behandelt und auch in der Abhandlung 7 berührt wurde, scheinen uns die Resultate von Bedeutung zu sein; sie führen nämlich wieder zu der Auffassung, dass die Erregung von verschiedener Beschaffenheit ist, je nachdem die Reizung auf ungleiche Weise geschieht und die Centralapparate für gewisse Erregungen durchgängig sind, für andere dagegen nicht. Besonders deutlich

treten derartige Verhältnisse hervor beim Vergleich der Resultate von Hautreizung und Reizung der Nervenstämme; wird z. B. in einem einfachen Reflexpraeparate die Haut mittels Säuren, Alkalien oder Chlornatrium gereizt, so treten Muskelreflexe in der Extremität der anderen Seite hervor; wird dagegen der Nervenstamm desselben oder gleichartiger Praeparate mit demselben Reizmittel gereizt, so erhält man keinen Reflex; im letzteren Theile des Versuches können die chemischen Reizmittel durch mechanische Mittel und oft genug auch durch den constanten Strom ersetzt werden, ohne dass die Versuchsresultate sich ändern. Früher angeführte Versuche — in den Abschnitten 7 und 5 — an Praeparaten von strychninisirten Thieren haben kennen gelehrt, dass Chlornatrium, mechanische Mittel und constanter Strom die Nervenstämme doch reizen, obgleich diese Reizmittel keinen Reflex hervorrufen; selbstverständlich gilt dasselbe auch für Reizung der Nervenstämme mit Säuren und Alkalien, obgleich, wie in Abschnitt 7 hervorgehoben, diese Stoffe unter keinen Umständen Muskelreflex hervorrufen; die Schmerzempfindung, sobald diese Stoffe mit einer offenen Wunde in Berührung kommen, deutet dieses an; dasselbe wird auch durch die Unruhe angedeutet, welche ein Thier, z. B. ein Frosch, zeigt bei Einwirkung dieser Stoffe auf das abgeschnittene Ende eines freipraeparirten Nervenstammes. Hautreizung und Reizung des Nervenstammes in einem einfachen Reflexpraeparate lassen also das verschiedene Verhalten des Nervenapparates, je nachdem er auf verschiedene Weise gereizt wird, deutlich hervortreten, und vielleicht noch deutlicher als wenn derselbe Nervenstamm mit verschiedenen Reizmitteln gereizt wird. In dieser Form scheinen uns auch die die Muskelreflexe betreffenden Versuche mit den im Anfange des Abschnittes 5 erwähnten, von Grützner und Heidenhain beobachteten Reflexen zum Gefässsystem durch Hautreizung vermittelst gewisser Reizmittel, aber nicht durch Reizung der Nervenstämme übereinstimmen.

---

9. Scala der Reizmittel.

Die Versuche in den Abschnitten 5, 7 und 8 zeigen, dass die Reflexpraeparate ungleiche Wirkungen vermitteln, je nachdem sie auf verschiedene Weise gereizt werden; dasselbe ist auch mit gewöhnlichen Nerv-Muskelpraeparaten bei Reizung mit verschiedenen Arten von Reizmitteln der Fall. Ganz abgesehen von der möglichen Ursache hierfür, abgesehen also von jeder theoretischen Auffassung dieser Verhältnisse, gehen wir nun daran, die oben angewandten Reize mit Hinsicht auf die grössere oder ge-

ringere Aehnlichkeit ihrer Wirkungen mit einander zu vergleichen. Die ungleichen Wirkungen äussern sich in der verschiedenen Grösse der Muskelzuckungen, oder genauer gesagt, darin, dass die maximalen Zuckungen, welche die verschiedenen Reize hervorrufen können, verschiedene Grösse haben; es sind also diese maximalen Zuckungen, welche wir hier mit einander zu vergleichen haben. Wie schon angedeutet, berücksichtigen wir für diesen Zweck nicht nur das Verhalten der oben angewandten Reflexpraeparate, sondern auch die Verhältnisse in gewöhnlichen Nerv-Muskelpraeparaten.

Nehmen wir also anfangs nur die maximalen Zuckungen, welche durch verschiedene Reize in gewöhnlichen Nerv-Muskelpraeparaten hervorgerufen werden, so sind die Reize in zwei Gruppen zu theilen, nämlich solche, welche grosse maximale Zuckungen hervorrufen und solche, welche das nicht thun; zur ersten Gruppe gehören Inductionsstrom, constanter Strom und mechanische Mittel; zur letzten Gruppe wieder gehören Wärme, gesättigte Chlornatriumlösung, Glycerin pur. und gesättigte Rohrzuckerlösung. Die ersteren Reizmittel geben nämlich unter den Verhältnissen, in denen unsere Versuche ausgeführt wurden, maximale Zuckungen mit demselben oder ungefähr demselben Ausschlage von ungefähr 8 bis 10^{mm} Grösse; letztere dagegen geben, bei ganz derselben Anordnung der Versuche im Uebrigen, ganz minimale Zuckungen oder Ausschläge von der Grösse nur weniger Millimeter. — Bei den chemischen Reizmitteln, welche eine continuirliche Reizung zu Stande bringen, gilt hier die Grösse des Ausschlages bei seinem ersten Hervortreten. Die maximalen Zuckungen betreffend, welche die in Rede stehenden Reizmittel in gewöhnlichen Nerv-Muskelpraeparaten hervorrufen, so sind sie also in zwei Gruppen zu theilen; aber eine gewisse Reihenfolge der verschiedenen Reizmittel lassen diese Verhältnisse nicht hervortreten.

Wir wenden uns jetzt zu den Reflexpraeparaten, wenn nämlich die Reizung vom sensiblen Nervenstamme aus hervorgerufen wird; von diesen Praeparaten möge zuerst hervorgehoben werden, dass sie sich freilich in den verschiedenen Jahreszeiten ungleich verhalten; wir berücksichtigen hier jedoch nur die in den vorhergegangenen Abhandlungen beschriebenen Verhältnisse.

In den von uns so genannten einfachen Reflexpraeparaten (d. h. solchen, in denen das Rückenmark im dritten Wirbel durchschnitten ist) von nicht strychninisirten Thieren wurden durch Wärme und Inductionsströme Reflexe erhalten, sowie unter gewissen Umständen auch mittels constanten Stromes, nämlich durch Summirung oder in gewissen Ausnahmsfällen auch bei Schliessung und Oeffnung; mechanische Mittel und die erwähnten chemischen Reizmittel dagegen gaben in keinem Falle Reflex. Dadurch werden diese Reizmittel in zwei andere Gruppen getheilt als im ersten Fall,

nämlich auf der einen Seite Wärme und Inductionsstrom, auf der anderen mechanische Mittel und die betreffenden chemischen Reizmittel, sowie auf der Grenze zwischen beiden der constante Strom. Da ferner Wärme in den in Rede stehenden Praeparaten Reflexe von geringer Grösse erzeugte, der Inductionsstrom dagegen eben solche Ausschläge wie bei Einwirkung auf den motorischen Stamm, und da schliesslich Inductionsstrom, constanter Strom und mechanische Mittel in Folge ihrer Wirkungen bei Reizung des motorischen Stammes näher zu einander zu stellen sind als zu den übrigen Reizmitteln, so scheinen wir berechtigt, die Wirkungen dieser Reizmittel durch folgende Ordnungsfolge oder Scala darzustellen: Wärme, Inductionsstrom, constanter Strom, mechanische Mittel und chemische Reize. An den Endpuncten dieser Scala finden sich also die Reize, Wärme und chemische Reizmittel, welche nur schwache Wirkungen vom motorischen Stamme aus erzeugen, in der Mitte dagegen die, welche grosse maximale Zuckungen geben; ferner wird das eine Ende dieser Scala von den Reizmitteln gebildet, welche in einfachen Reflexpraeparaten Reflexe vom Nervenstamme aus geben, das andere wieder von den Reizen, welche keinen Reflex hervorrufen.

Berücksichtigt man zugleich die Wirkungen derselben Reizmittel in einfachen Reflexpraeparaten von strychninisirten Thieren, so wird die Lage eines der chemischen Reizmittel näher bestimmt; die Wirkung der Wärmereizung wird nämlich in solchen Praeparaten nicht merklich verändert, ebenso wenig die Wirkung von Rohrzuckerlösung. Die Wirkungen aller anderen Reizmittel dagegen, also die Mittelabtheilung der Scala wird wesentlich von der Strychninvergiftung beeinflusst. Hieraus folgt, dass die Rohrzuckerlösung unter den erwähnten chemischen Reizmitteln zuletzt gesetzt werden muss.

Diese Reihenfolge der Reizmittel wird von den Verhältnissen, die die Reflexpraeparate bei Erhaltung des ganzen Rückenmarkes zeigen, nicht verändert. In diesem Falle gab nämlich in Praeparaten von nicht strychninisirten Thieren Wärme, Inductionsströme, constanter Strom und mechanische Mittel, d. h. die, welche das eine Ende der Scala einnehmen, maximale Muskelzuckungen; die übrigen am anderen Ende der Scala, oder die chemischen Reizmittel, gaben dagegen keinen Reflex. Derartige strychninisirte Praeparate wieder verhielten sich zu den chemischen Reizmitteln auf dieselbe Weise wie strychninisirte einfache Praeparate.

Diese Scala kann noch in gewissem Grade vervollständigt werden; aus Ursachen, welche schon am Schlusse des 7. Abschnittes erwähnt wurden, sind Säuren und Alkalien an das eine Ende derselben, nämlich der Rohrzuckerlösung zunächst, zu stellen. Wir halten auch dafür, dass eine nähere Bestimmung mit Hinsicht auf kat- und anelektrotonische Reizung gemacht werden kann und muss; die Wirkungen, welche durch diese her-

vorgerufen werden, deuten darauf, dass sie nicht ganz gleich wirken, wenn sie einander auch sehr nahe stehen. Viele Umstände sprechen dafür; erstens zeigen beide Pole in physikalischer Hinsicht wesentlich verschiedene Eigenschaften; wir haben daher Veranlassung zu glauben, dass sie auch eine ungleiche Wirkung auf die Nerven ausüben; physiologische Untersuchungen zeigen, dass dieses wirklich der Fall ist. Bei Einwirkung auf die Geschmacksnerven z. B. geben die Pole verschiedene Geschmacks-Empfindungen, ebenso geben sie bei Einwirkung auf den Sehnerven verschiedene Farben-Empfindungen; bei Einwirkung auf die Nervenstämme wieder, sowohl motorische als sensible, wird die Erregbarkeit an den Polen in entgegengesetzten Richtungen verändert, so dass sie an dem einen Pol erhöht und am anderen vermindert wird. Ferner werden die Nerven beim Entstehen des katelektrotonischen Zustandes und Verschwinden des anelektrotonischen gereizt, aber nicht umgekehrt. Beide Pole zeigen also mehrere bemerkenswerthe Unterschiede in ihren physiologischen Wirkungen, und auch mit Hinsicht auf die reizenden Wirkungen, welche die Pole in den hier in Rede stehenden Praeparaten hervorrufen, zeigen sich solche Differenzen. Das Zuckungsgesetz betreffende Untersuchungen zeigten, dass katelektrotonische Reizung des Muskels bei geringerer Stromstärke eintritt als anelektrotonische; dieses tritt bei Einwirkung auf motorische Stämme, und nach Abhandlung 1, Abtheilung Bc auch bei Einwirkung auf sensible Stämme ein. Eine Differenz in den Wirkungen beider Pole wird auch durch die Versuche in Abhandlung 1, Abtheilung A angedeutet; in den Ausnahmsfällen, wo constanter Strom bei Schliessung und Oeffnung in einfachen Reflexpraeparaten Reflexzuckungen hervorruft, zeigen die Versuche, dass dieses unabhängig von der Richtung, fast ausschliesslich bei Schliessung des Stromes eintritt. Es scheint uns, dass die Erklärung darin zu suchen ist, dass die Centralapparate, welche den Uebergang der Erregung von den sensiblen Bahnen auf die motorischen vermitteln, mehr durchgängig für katelektrotonische Erregung sind als für anelektrotonische. In der Scala ist daher das Entstehen des katelektrotonischen Zustandes näher zum Inductionsstrom zu stellen als das Verschwinden des anelektrotonischen. Die Reizmittel nehmen also folgende Ordnung an:

Wärme,
Inductionsstrom,
Entstehen des katelektrotonischen Zustandes,
Verschwinden des anelektrotonischen Zustandes,
mechanische Reizmittel,
Chlornatriumlösung und Glycerin,
Rohrzuckerlösung, sowie
Säuren und Alkalien.

Diese Scala bezweckt also die grössere oder geringere Aehnlichkeit der Wirkungen zu verdeutlichen, welche die Reizmittel bei Reizung von Nervenstämmen zeigen. Sie zeigt z. B., dass die durch mechanische Reizmittel hervorgerufene Wirkung mehr mit der übereinstimmt, welche durch das Verschwinden des anelektrotonischen Zustandes erzeugt wird, als mit der, welche durch das Entstehen des katelektrotonischen Zustandes hervorgerufen wird; und ebenso zeigt sie, dass die Wirkung der mechanischen Reizmittel mehr mit der durch Chlornatriumlösung, resp. Glycerin, hervorgerufenen übereinstimmt als mit der von Rohrzuckerlösung.

Noch deutlicher veranschaulicht diese Scala die in Rede stehenden Verhältnisse, wenn man sich die verschiedenen Reizmittel auf einer geraden Linie, in gewissen z. B. gleichen Abständen von einander, und in der Reihenfolge, welche sie in der Scala einnehmen, localisirt denkt, und sodann ihre Wirkung vermittelst Ordinaten zur genannten Linie als Abscissenaxe misst. Die Endpunkte der Ordinaten gehören dadurch einer Curve an, welche die relativen Wirkungen der verschiedenen Reizmittel anzeigt. Für Nerv-Muskelpraeparate z. B. nimmt diese Curve folgende Form an: sie ist anfangs etwas oberhalb der Lage für Wärme gelegen; steigt dann bis sie die Lage des Inductionsstromes erreicht und verläuft dann parallel der Axe bis zur Stelle der mechanischen Reize; hierauf neigt sie sich zur Abscissenaxe und verläuft nahe derselben oberhalb der Lagen für Chlornatrium und Glycerin; schliesslich senkt sie sich zur Axe hinab neben oder bevor sie die Lage für Säuren und Alkalien erreicht.

Es ist anzunehmen, dass in diesem ersten Versuche die Reize mit Hinsicht auf die grössere oder geringere Gleichheit ihrer Wirkungen zu ordnen, späterhin Aenderungen gemacht werden müssen, nachdem nämlich genauere Daten, als die wir hier zu Grunde legen können, bekannt sein werden; speciell zur Bestimmung der Reihenfolge der chemischen Reizmittel sind genauere Untersuchungen von Nöthen. Für den Augenblick scheint jedoch dieser Umstand von geringerer Bedeutung zu sein; schon in dieser Form scheint nämlich die aufgestellte Scala eine Anleitung bei der Ausführung weiterer Versuche an anderen Nervenbahnen liefern zu können. Bislang ist, soviel mir bekannt, nur der Einfluss des Vagus auf die Herzthätigkeit mit verschiedenen Arten von Reizmitteln geprüft worden; die Resultate finden sich in Gscheidlen's bekannter Arbeit[1] kurz zusammengefasst. Es geht aus derselben hervor, dass in diesem Falle folgende Reizmittel geprüft sind: elektrische Ströme von Eduard Weber, mechanische Reizung vermittelst Tetanomotor von Heidenhain, Chlornatriumlösung

[1] R. Gscheidlen, *Physiologische Methodik.* Vierte Lieferung. Braunschweig 1879. S. 639—640.

von Eckhard, sowie Wärme von Grützner. Von diesen Mitteln zeigten sich alle wirksam, ausser, wie schon in der Abhandlung 5 hervorgehoben, Wärme. Das abweichende Verhalten, welches Reizung mittelst Wärme auch in diesem Falle zeigt, deutet wieder auf eine Ausnahmestellung für dieses Reizmittel hin und findet seine Beleuchtung darin, dass es das eine Ende der Scala einnimmt.

Im Vorhergehenden haben wir nur Verhältnisse berücksichtigt, welche bei Reizung der Nervenstämme hervortreten; wir gehen jetzt zu einem derartigen Vergleiche der Muskelreflexe über, welche durch Reizung der Haut hervorgerufen werden. Nur vermittelst Säuren und Alkalien, Chlornatriumlösung und mechanischer Mittel konnten Reflexe zu den Muskeln durch Hautreizung hervorgerufen werden; die übrigen Reizmittel, welche geprüft wurden, nämlich Wärme, elektrische Ströme, Glycerin, sowie Lösungen von Rohrzucker und Harnstoff zeigten sich selbst in Praeparaten von strychninisirten Thieren unwirksam. Hier begegnet man also nicht entfernt denselben Verhältnissen, wie bei Reizung der Nervenstämme; eher könnte man die Verhältnisse entgegengesetzte nennen, da ja Säuren und Alkalien unter keinen Umständen Muskelreflexe von den Nervenstämmen aus geben, und unter gewissen Verhältnissen nicht einmal von den motorischen Stämmen aus Muskelzuckungen erzeugen, bei Einwirkung auf die Haut dagegen grosse und ausgedehnte Muskelreflexe hervorrufen. Dieses entgegengesetzte Verhalten kann doch im Ganzen nicht überraschend erscheinen, da die Theile, welche in jedem Falle gereizt werden — die Nervenstämme und die peripherischen Endapparate der sensiblen Nerven in der Haut — so ganz verschiedenen anatomischen Bau haben. Was nun eine Scala oder Ordnungsfolge der in Rede stehenden Reize betrifft, so kann man von dem Standpunkt aus, von dem hier die Rede ist, wenig anderes sagen, als dass von allen Reizmitteln, welche zum Hervorrufen von Reflexen von der Haut aus versucht wurden, Säuren und Alkalien am wirksamsten sind.

Die oben zusammengestellte Scala ruht auf den empirischen Daten, welche die Versuche in den vorhergehenden Abschnitten kennen gelehrt haben und kann vom empirischen Standpunkt aus auf nichts anderes Anspruch machen als die grössere oder geringere Gleichheit der Wirkungen, welche die in Rede stehenden Reizmittel erzeugen, zu veranschaulichen. Zieht man jedoch zugleich die Ursache dieser verschiedenen Wirkungen in Betracht, so ist dieser Scala zugleich noch eine andere Bedeutung beizulegen. Wir haben oben die Erklärung hierfür darin gesucht, dass die Erregung der Nerven verschiedener Art ist, je nachdem sie auf verschiedene

Weise hervorgerufen wird. Von diesem Standpunkte kann man diese Erregungen mit einander vergleichen, um ihre grössere oder geringere Aehnlichkeit zu erforschen; und hierauf kann man von den verschiedenen Eigenschaften der in Rede stehenden Erregungen schliessen. Hier begegnet man — um sich eines Vergleiches zu bedienen, der schon in einem früheren Abschnitte auf einigen Stellen zur Beleuchtung der verschiedenen Eigenschaften der Erregungen angewandt wurde — hier begegnet man ähnlichen Verhältnissen, wie beim Vergleich der verschiedenen Undulationen im Lichte; einige stehen näher zu einander als zu anderen; dieses geht aus Vielem hervor, z. B. aus ihrem verschiedenen Brechungsvermögen, oder aus dem ungleichen Vermögen, gewisse chemische Stoffe zu zertheilen, oder das verschiedene Vermögen, gewisse Medien zu durchdringen. Auf dieselbe Weise können wir aus dem ungleichen erregenden Vermögen, welches den verschiedenen Erregungen in Bezug auf die quergestreifte Musculatur zukommt, auf die grössere oder geringere Verwandtschaft schliessen, in welcher diese Erregungen zu einander stehen; dasselbe können wir auch durch Berücksichtigung des verschiedenen Grades der Durchgängigkeit oder Permeabilität, welche den verschiedenen Erregungen im Verhältniss zu denselben Centralapparaten eigen ist. Derartige vergleichende Untersuchungen müssen sich auf empirische Daten von der Beschaffenheit stützen, von der oben, bei Zusammenstellung der Scala für die Reizmittel, die Rede war; kurz, von dem theoretischen Standpunkte aus, von dem hier die Rede ist, repraesentirt die oben aufgestellte Scala die qualitativ verschiedenen Erregungen mit Hinsicht auf die Reihenfolge, die sie im Verhältniss zu einander einnehmen.

Von diesem Standpunkte aus tritt ferner ein gewisses Verhältniss zwischen den Erregungen in der eben erwähnten Scala und den Erregungen in Folge von Hautreizung hervor; beide gehen nämlich innerhalb derselben Nervenapparate und wenigstens in denselben motorischen Bahnen vor sich. Sie werden nur auf verschiedene Weise hervorgerufen; die ersteren nämlich durch Reizung der sensiblen Nervenstämme, die letzteren wieder durch Reizung der peripherischen Endapparate der sensiblen Nerven. In der oben aufgestellten Scala muss also auch, innerhalb oder ausserhalb derselben, die Erregungen in Folge von Hautreizung bestimmte Plätze finden; die in den vorhergehenden Abhandlungen beschriebenen Versuche geben uns auch einige Aufklärung darüber. Es ist schon an verschiedenen Stellen hervorgehoben worden, dass von allen hier angewandten Reizmitteln nur Wärme und elektrische Ströme in einfachen Reflexpraeparaten Muskelreflexe von den Nervenstämmen aus hervorrufen, und ferner dass der Inductionsstrom das wirksamste Reizmittel ist. Ebenso ging hervor, dass Säuren und Alkalien die wirksamsten Reizmittel zur Erzeugung von Muskelreflexen von

der Haut aus in dergleichen Praeparaten sind. Irgendwo in der Umgebung von der Erregung in Folge von Inductionsstrom sind daher die Erregungen in Folge von diesen Hautreizen in der Scala zu localisiren. In demselben Ende der Scala müssen gleichfalls die Erregungen bei Reizung der Haut vermittelst Chlornatrium und mechanischen Mitteln localisirt werden.

Ein Umstand mag hier noch erwähnt werden. Wir haben versucht, auf empirischem Wege den Beweis zu liefern, dass den Erregungen verschiedene Eigenschaften zukommen, je nachdem sie auf verschiedene Weise hervorgerufen werden; und dazu haben wir noch Ursache gefunden, ihnen die Eigenschaft beizulegen, ihre Qualität während ihrer Fortpflanzung durch gewisse Nervenapparate zu verändern. Es ist ferner hervorgehoben worden, dass diese Anschauungsweise in Widerspruch steht zu der gegenwärtig allgemein angenommenen, dass nämlich die Erregung in einem Nervenapparate immer von derselben Beschaffenheit ist. Hier mag hervorgehoben werden, dass die allgemeinste Voraussetzung, die über die Erregungen gemacht werden kann, die ist, dass sie qualitativ verschieden sind und sich während ihrer Fortpflanzung verändern können; diese Voraussetzung schliesst daher, als einen speciellen Fall, auch die Möglichkeit ein, dass die Erregungen in demselben Nervenapparate unter allen Umständen von derselben Beschaffenheit sind. Es scheint daher mit einer streng naturwissenschaftlichen Forschungsmethode mehr übereinzustimmen, anfangs von der möglichst allgemeinen Voraussetzung, von der hier die Rede war, auszugehen, um allmählich zu prüfen, in welchem Grade diese Voraussetzung eingeschränkt werden kann. Geht man dagegen von der Voraussetzung aus, dass die Erregung in einem Nervenapparate immer von derselben Qualität ist, so ist dieses eine specielle Annahme, die vielleicht unrichtig ist und daher die Gefahr mit sich führt, dass dieser ganzen Frage eine zu enge Basis gegeben wird. Kurz, auch ohne Rücksicht auf die Erscheinungen, von denen in den Abschnitten 5, 7 und 8 oben die Rede gewesen ist, scheint die Voraussetzung, dass die Erregungen qualitativ verschieden sind, und dass sie während der Fortpflanzung verändert werden können, bislang die einzige berechtigte zu sein.

---

10. Secundäre Reizung sensibler Nerven.

Da die motorischen Nerven secundär von den Muskeln und unter gewissen Umständen auch von den Nerven aus gereizt werden können, so hat man Grund, ein gleiches Verhalten auch von den sensiblen Nerven

vorauszusetzen. In diesem Falle ist die eingetretene Reizung vermittels Muskelreflexen zu beurtheilen. Der Widerstand des Centralapparates gegen die Fortpflanzung der Reflexerregung muss daher bei den hierhergehörenden Untersuchungen möglichst vermindert werden; zu dem Zwecke haben wir wieder Strychnin angewandt.

A. Secundäre Reflexzuckungen von den Muskeln aus.

Wir führen hier vorerst Versuche an Praeparaten von frischen, nicht strychninisirten Thieren an.

Versuch 1. Das Praeparat war von einem frischen Thiere verfertigt und auf gewöhnliche Weise im Myographion aufgestellt; das centrale Nervensystem war vermittelst eines Schnittes zwischen den Trommelfellen abgeschnitten. Der eine Nervus ischiadicus wurde in der Fossa poplitaea durchschnitten und sein centrales Ende auf den Muscul. gastrocnem. eines Nerv-Muskelpraeparates von einem anderen Thiere gesetzt; der Muskel des letzteren Praeparates wurde in horizontaler Richtung auf passender Unterlage fixirt und schliesslich sein Nerv auf ein Paar unpolarisirbare Elektroden gesetzt. Als Reizmittel wurden Inductionsströme angewandt. Bei Reizung des Nervenstammes bis zu starker Contraction des Muskels trat im ersten Augenblicke keine Reflexzuckung auf, einige Secunden nach der Reizung jedoch trat Reflexzuckung in der Rückenmusculatur auf und gleich darauf auch im Muscul. gastrocn. mit einem Ausschlage von 7 ^{mm}. Kurz darauf erneuerte Reizung gab keinen Reflex im Muscul. gastrocn., wohl aber in der Rückenmusculatur. Nach Ruhe von einer Minute gab neue Reizung dieselbe Reaction wie die erste Reizung mit einem Ausschlage von 4 ^{mm}. Bei Erneuerung des Versuches nach einer Minute traten nur schwache Reflexzuckungen in den Rückenmuskeln auf, und bei weiterer Wiederholung nach einer Minute schwache Reflexzuckungen in den Rückenmuskeln und zugleich im Muscul. gastrocn. mit dem Ausschlage 1·2 ^{mm}. Darauf folgende Reizungsversuche mit Pausen von 1 bis 2 Minuten gaben keine Reflexzuckung. — Die verschiedenen Reizungen geschahen während einer Zeit von 1, höchstens 2 Secunden.

In diesem Versuche trat also secundäre Reflexzuckung im Muskel hervor und damit Reizung der sensiblen Nerven.

Gleiche Versuche mit im dritten Wirbel durchschnittenen Praeparaten gaben dagegen keine Reflexzuckungen, obgleich die Centralapparate zu dieser Zeit (Herbst, im October) bei Reizung des Nervenstammes mit Inductionsströmen von hinreichender Stärke permeabel waren. Es zeigte sich also auch hier, wie in den im Abschnitte 5, 2 beschriebenen Phaenomen,

das entferntere Reflexcentrum leichter durchgängig für die Erregung als das nähere.

Versuch 2. Gleiches Praeparat wie in Versuch 1, aber von einem strychninisirten Thiere in so weit fortgeschrittenem Vergiftungsstadium, dass alle Extremitäten bei Reizung zuckten, verfertigt. In diesem Falle waren die Zuckungen im Nerv-Muskelpraeparate unmittelbar von Reflexzuckungen im Muscul. gastrocn. und ebenso in den Rückenmuskeln begleitet; erneuerte Reizungen gaben dasselbe Resultat. Als schliesslich der Nervenstamm durch Kneifen mit der Pincette zermalmt worden und hierauf der Versuch erneuert wurde, riefen die Reizungen keine Zuckung mehr im Reflexpraeparate hervor; die eben erwähnten Zuckungen beruhten also auf Reflex.

Versuch 3. Ein gleicher Versuch wie der vorhergehende, mit einem im dritten Wirbel durchschnittenen Praeparate, gab dasselbe Resultat.

In strychninisirten Praeparaten treten also Reflexzuckungen von den Muskeln auf, selbst wenn das Praeparat im dritten Wirbel durchschnitten ist.

B. Secundäre Reflexzuckung von Nerven aus.

Versuche, secundäre Reflexzuckungen von Nerven hervorzurufen, wobei selbstverständlich Inductionsströme als Reizmittel angewandt wurden, gaben unter keinen Umständen positive Resultate. Unter anderem wurden die Versuche an strychninisirten Praeparaten ausgeführt, welche zwischen den Trommelfellen durchschnitten und in verschiedenen Vergiftungsstadien, sogar im Krampfstadium, hergestellt waren.

Nerv-Muskelpraeparate und Reflexpraeparate stimmen also in Bezug auf secundäre Reizung nicht vollständig überein; secundäre Reizung der sensiblen Nerven vom Muskel aus kann nämlich vermittelst Muskelreflexe nachgewiesen werden, während secundäre Reizung vom Nerven aus unter denselben Verhältnissen nicht zu Tage tritt. Die Ursache scheint mir nur in folgenden zwei Umständen gesucht werden zu können: entweder besitzen die sensiblen Nervenfasern eine geringere specifische Reizbarkeit als die motorischen, so dass sie nicht durch die elektrotonischen Phasen, welche durch Reizung des Nervenstammes mit elektrischen Strömen hervorgerufen werden, gereizt werden, oder auch wird der Widerstand im Centralapparate in keinem Vergiftungsstadium hinreichend ausgeglichen, um die eingetretene Erregung von den sensiblen auf die motorischen Stämme übergehen zu lassen.

---

11. Doppelte Muskelreflexe und Reflexbahnen des Rückenmarkes.

In einem vorhergehenden Abschnitte[1] (Abhandlung 1, Schluss) wurden schon mit einigen Worten die sogenannten doppelten Muskelreflexe erwähnt. Ich nehme hier diesen Punkt zur näheren Prüfung auf, veranlasst durch die Verhältnisse, welche die Versuche in Abschnitt 5 kennen lehrten; es ergab sich nämlich dort, dass die Erregung von den sensiblen Nervenstämmen der Extremitäten auf die motorischen Stämme der Extremitäten der anderen Seite wenigstens durch zwei Bahnen im Rückenmarke hinübergeleitet werden können, die eine oberhalb, die andere unterhalb des Theiles des Rückenmarkes, welcher vom dritten Wirbel eingeschlossen wird; die querleitenden Abtheilungen im Rückenmarke nannten wir kurz oberes und unteres Reflexcentrum und können hier dieselben Benennungen beibehalten. Die Versuche in der erwähnten Abhandlung zeigten zugleich, dass die Erregung leichter oder bei geringerer Reizstärke durch das entferntere Centrum fortgepflanzt wurde als durch das nähere. Es zeigte sich bei diesen Untersuchungen ferner, dass die Reflexe, welche durch das entferntere Centrum vermittelt wurden, öfter maximale Grösse erreichen, nicht selten aber längere Zeit, sogar mehrere Secunden, nach geschehener Reizung hervortreten. Werden die Reflexe dagegen durch das nähere Centrum vermittelt, so haben sie bisweilen geringe Grösse, auch wenn der Reiz bedeutend stärker ist als im ersteren Falle, und weiter treten diese Reflexe so zu sagen unmittelbar nach geschehener Reizung hervor.

In diesen Verhältnissen scheinen die doppelten Reflexe ihre Erklärung auf folgende Weise zu finden: der vorhergehende, geringere Reflex wird durch das nähere Reflexcentrum vermittelt, und der später auftretende durch das entferntere Reflexcentrum. Die Ursache der verschiedenen Grösse beider Reflexzuckungen ist in Uebereinstimmung mit Abhandlung 5, 2 von dem ungleichen Widerstande der beiden Bahnen im Rückenmarke gegen die Fortpflanzung der Erregung herzuleiten; und die Ursache der ungleichen latenten Reizstadien der beiden Reflexzuckungen endlich, ist, zum Theil wenigstens, in den verschiedenen Längen der beiden Reflexbahnen im Rückenmarke zu suchen.

Directe Versuche zur Prüfung, ob diese Erklärung aufrecht erhalten werden kann, sind auf verschiedene Weise ausführbar zu denken; es treten aber bei der Ausführung derselben häufig, ja meist, Schwierigkeiten auf, doppelte Reflexe hervorzurufen. Derartige Zuckungen treten nämlich, wie schon in der Abhandlung 1 erwähnt, nicht jederzeit zu Tage; so habe ich

[1] *Dies Archiv.* 1885. S. 191—192.

z. B. seit mehr als ein Jahr die Richtigkeit der oben erwähnten Erklärung prüfen wollen, ohne dass es mir gelang, doppelte Reflexe hervorzurufen, trotzdem die Versuche zu verschiedenen Jahreszeiten ausgeführt wurden. Der Grund scheint unter anderem darin zu liegen, dass unter gewissen Verhältnissen das nähere Centrum in nicht strychninisirten Praeparaten gar keine Reflexe vermittelt. Erst in diesem Herbste (1886) ist es mir gelungen andere Verhältnisse zu erzielen, wie die Versuche hier unten andeuten.

Versuch 1. Reflexpraeparat, zwischen den Trommelfellen durchschnitten und aus frischem Thiere verfertigt, wurde auf gewöhnliche Weise im Myographion aufgestellt; als Reizmittel für den sensiblen Stamm wurden Inductionsströme angewandt. Vorerst wurde der minimale Reiz aufgesucht und ergab sich bei ungefähr 410 ^{mm} Abstand zwischen den Rollen; bei dieser Lage trat die Reflexzuckung mehrere Secunden nach der Reizung hervor und hatte maximale Grösse. Bei Wiederholung des Versuches wurde dasselbe Resultat erzielt; in einigen dieser Versuche, wo das latente Reizstadium näher beobachtet wurde, betrug dasselbe 4—5 Secunden und in allen hatte der Ausschlag eine Grösse von 10—11 ^{mm}. Hierauf wurde das Rückenmark im dritten Wirbel durchschnitten; um jetzt Reflex hervorzurufen, musste der Abstand zwischen den Rollen auf 100 ^{mm} vermindert werden; die Reflexzuckung war jetzt bedeutend geringer als im ersten Falle, nämlich nicht über 5·5 ^{mm} in den verschiedenen Reizungsversuchen; ferner trat die Zuckung, sozusagen unmittelbar nach der Reizung hervor. — Eine besondere Untersuchung wurde vorgenommen, um zu prüfen, dass die letzte Zuckung nicht auf unipolarer Reizung beruhte.

Versuch 2. Auf dieselbe Weise ausgeführt wie im vorigen Falle, das Myogramm wurde auf einem rotirenden Cylinder aufgenommen. Bei einer Lage von 450 ^{mm} der secundären Spiralen trat die Reflexzuckung 5 Secunden nach der Reizung auf; die Zuckung war bei ihrem Hervortreten langsam, aber beständig wachsend und gab einen Ausschlag von 6·8 ^{mm}. Bei grösserem Abstande zwischen den Rollen wurde kein Reflex erhalten; bei einem Abstande von 400 ^{mm} trat kurze Zeit nach der Reizung eine kleine Zuckung hervor und darauf nach vollständiger Ruhe drei grosse Zuckungen. Bei Wiederholung des Reizungsversuches zeigte das Reflexpraeparat ungefähr dasselbe Verhalten; bei Verminderung des Abstandes zwischen den Rollen auf 280 ^{mm} betrug der latente Reiz 4 Sekunden. Jetzt wurde das Rückenmark durchschnitten; als hierauf der letzte Reizungsversuch wiederholt wurde, erfolgte kein Reflex; erst bei einem Abstande von 110 ^{mm} trat, ohne merkbares latentes Stadium, minimale Zuckung hervor; bei einem Abstande von 100 ^{mm} hatte die Reflex-

zuckung dieselbe Grösse wie im ersten Reizungsversuche und trat wie im letzten Versuche unmittelbar hervor. Bei dieser Lage der secundären Spiralen wurde Untersuchung gemacht, um zu prüfen, dass die Zuckung nicht auf unipolarer Reizung beruhte.

In diesen beiden Versuchen treten also solche Verhältnisse hervor, wie sie die doppelten Reflexe zeigen, mit dem Unterschiede nur, dass die Erscheinungen, welche die doppelten Reflexe charakterisiren, sich hier nicht oder kaum in demselben Reizungsversuchen zeigen, sondern sie treten partiell hervor, so dass sie auf zwei Reizungsversuche vertheilt sind. Da es also nicht glückte in Praeparaten aus frischen Thieren doppelte Reflexe hervorzurufen, wenigstens nicht unter den Verhältnissen, unter denen ich meine Untersuchungen ausführte, so machte ich Versuche an strychninisirten Thieren. An der schon bezeichneten Stelle in Abhandlung 1 wurde erwähnt, dass bei einer Versuchsreihe, welche schon vor längerer Zeit, Herbst 1879, an strychninisirten Praeparaten ausgeführte wurde, um Pflüger's Zuckungsgesetz bei Reizung sensibler Nerven aufzuweisen, doppelte Reflexe hervortraten. Hier ist hinzuzufügen, dass bei dieser Versuchsreihe nicht selten das ganze Rückenmark, ja sogar das verlängerte Mark im Praeparate erhalten war; zur genannten Zeit wusste ich nämlich noch keinen wesentlichen Unterschied zwischen den verschiedenen Arten von Reflexpraeparaten, welche bei diesen Untersuchungen zur Anwendung kommen, zu machen. Diese Beobachtungen lassen verstehen, dass in einem gewissen Stadium von Strychninvergiftung doppelte Reflexe vermittelst constanten Stromes müssten hervorgerufen werden können. Einige wenige Versuche in dieser Beziehung zeigen ferner, dass dieses nur in den ersten Vergiftungsstadien der Fall sein kann; in Praeparaten aus den späteren Vergiftungsstadien ruft nämlich derselbe oder ungefähr derselbe Reiz, sowohl in einfachen Reflexpraeparaten, wie in solchen wo das ganze Rückenmark nebst einem grösseren oder kleineren Theile des verlängerten Markes beibehalten ist, Reflexe hervor; und dazu lassen noch die bei diesen Untersuchungen angewandten Methoden keine merkbaren Unterschiede in den latenten Reizungsstadien hervortreten. Daher müssen die Praeparate für den in Rede stehenden Zweck in den frühesten Vergiftungsstadien verfertigt werden, und in der That gelingt es auch in solchen Praeparaten vermittels constanten Stromes doppelte Reflexe hervorzurufen, wie die folgenden Versuche zeigen. Die Thiere, welche in diesen Versuchen positive Resultate gaben, waren eben aus dem Bewahrungsraume geholt, — einem Raume im Erdgeschoss des Laboratoriums, wo die Frösche in einer cementirten Wanne aufbewahrt werden, durch die beständig ein langsamer Wasserstrom aus der Wasserleitung fliesst. Praeparate von Thieren dagegen, welche einige Tage im Laboratorium gehalten waren, konnten für den

Zweck nicht angewandt werden. Die Vergiftung geschah mit hinreichenden Dosen, damit die ersten Vergiftunsphaenomene nach Verlauf von ungefähr 8 Minuten deutlich bei Reizung hervortreten sollten. Die Praeparate wurden zwei Minuten nach der Vergiftung verfertigt, als noch keine Vergiftungserscheinnngen beobachtet werden konnten; Verkürzung dieser Zeit auf 1 bis $1^1/_2$ Minuten gab nämlich meist negative Resultate. Im Uebrigen wurden die Versuche auf dieselbe Weise wie die vorigen ausgeführt, mit dem Unterschiede nur, dass hier als Reizmittel ein constanter Strom von 1 bis 2 Daniell mit dem negativen Pole näher zur Wirbelsäule angewandt wurde.

Versuch 3. Bei Reizung wurde unmittelbar eine kleine Zuckung erhalten, und einige Augenblicke darauf eine starke Zuckung; die beiden Figuren, 1 und 2, verdeutlichen dieses Verhalten; sie beziehen sich zu zwei verschiedenen Praeparaten. In beiden Figuren leitet sich die kleine Curve,

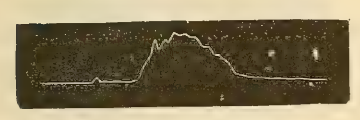


Fig. 1

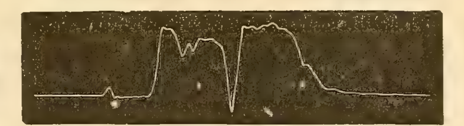


Fig. 2.

ganz nach links, von der kleineren unmittelbar hervortretenden Zuckung her; die höheren Curven rechts in den Figuren wieder stammen von der grossen späteren Zuckung. Die Geschwindigkeit des Cylinders war so abgepasst, dass ein Centimeter einer Horizontallinie in den Figuren ungefähr 1 Secunde entspricht; der Unterschied zwischen den latenten Reizstadien beider Zuckungen betrug daher in den beiden Versuchen, auf welche die Figuren sich beziehen, nur etwas mehr als eine halbe Secunde, selbstverständlich in Folge der Strychninwirkung; in einigen derartigen Versuchen war die Differenz mitunter noch geringer. Bei Wiederholung der Reizung hatte die Muskelcurve gewöhnlich dasselbe Aussehen, wenigstens bei den ersten 2, 3, 4 Reizungen. Wenn dagegen in einem solchem Reflexpraeparate, wo das centrale Nervensystem zwischen den Trommelfellen durchschnitten war, das Rückenmark im dritten Wirbel durchschnitten wurde, so rief die Reizung nicht mehr die spätere, grosse Reflexzuckung hervor; in vielen Fällen trat aber jetzt die kleinere unmittelbare Zuckung auf dieselbe Weise hervor, als wenn das ganze Rückenmark nebst dem verlängerten Mark im Praeparate erhalten war. — Es mag hier bemerkt werden, dass derartige Versuche mit Oeffnungsinductionsschlag als Reiz keine doppelten Reflexe hervortreten liessen.

Versuche dieser Art mit constantem Strom als Reiz zeigen die Richtigkeit der oben erwähnten Deutung, dass die doppelten Reflexe von verschiedenen Reflexbahnen abhängen, der Art nämlich, dass die vorhergehende kleine Zuckung von einem näheren Reflexcentrum vermittelt wird und die grosse, spätere Zuckung von einem entfernteren.

In einigen der hierhergehörenden Versuche wurde ferner beobachtet, dass mechanische Reizung des sensiblen Stammes mittels Durchschneidung keine Reflexe hervorrief, obgleich Reizung mit constantem Strome sich wirksam zeigte.

Dieses Verhalten deutet wieder einen verschiedenen Grad von Permeabilität im Centralapparate an für Erregung in Folge von verschiedenen Reizen, wie die in Abhandlung 9 aufgestellte Scala zeigt. Wir haben aber dieses Verhalten in den verschiedenen Jahreszeiten nicht constant hervortreten sehen; das Phaenomen scheint uns daher von den Veränderungen abzuhängen, welchen der Centralapparat in den verschiedenen Jahreszeiten unterliegt.

Einige die Leitungs- und Reflexbahnen im Rückenmark und verlängerten Mark betreffende Umstände mögen hier noch berührt werden. Sucht man für ein Reflexpraeparat, in dem das Rückenmark und verlängerte Mark erhalten sind, einen minimalen Reiz, und durchschneidet man dann das Rückenmark weiter unten, so zeigt der eben angewendete Reiz keine Wirkung, sondern muss zum Hervorrufen von Reflex etwas verstärkt werden. Derartige Versuche zeigen, dass die Reflexe durch mehrere Bahnen im Rückenmarke vermittelt werden, wie auch Rosenthal in der in Abhandlung 1 citirten Arbeit hervorgehoben.

Zur Ausführung von hierhergehörenden Versuchen haben wir unter Anderen strychninisirte Praeparate von derselben Beschaffenheit angewandt, wie in den vorhergehenden Versuchen und als Reizmittel Inductionsströme oder constanten Strom; ferner wurde das Rückenmark dicht oberhalb des obersten Wirbels und im dritten Wirbel durchschnitten, ja sogar an mehreren Stellen.

Kommt ferner bei derartigen Versuchen ein starker Reiz, z. B. ein Strom von 1 bis 2 Daniell zur Anwendung, so wird die Muskelcurve durch Durchschneidung des Rückenmarkes verkürzt und zugleich kann die Grösse der Ausschläge vermindert werden. Ein derartiger Versuch ist folgender.

Versuch 4. Die Vorbereitungen für den Versuch überhaupt geschahen ganz unter denselben Verhältnissen, wie in Versuch 3. Reizung mittels constanten Stromes, 1 Daniell, gab unmittelbar eine grosse Reflexzuckung und diese war von mehreren kleinen Zuckungen begleitet, welche zusammen etwas über eine Secunde fortdauerten. Wiederholung des Versuches gab Muskelcurven von demselben Aussehen. Fig. 3 zeigt eine solche Curve.

Als nun das Rückenmark dicht über dem obersten Wirbel durchschnitten und die Reizung wiederholt wurde, trat der letztere Theil der Muskelcurve nicht mehr auf, nur die erste unmittelbare Zuckung trat auf dieselbe Weise hervor, wie bei den ersten Reizungen; bei Wiederholung der Reizung war das Verhältniss dasselbe. Fig. 4 zeigt diese Curve. Als schliesslich der Schnitt in's Rückenmark noch niedriger, durch den dritten Wirbel, geführt wurde, rief die Reizung, freilich auf dieselbe Weise wie im vorigen Falle, unmittelbare Zuckung hervor, doch war die Grösse des Ausschlages bedeutend vermindert; auch jetzt gab eine Wiederholung dasselbe Resultat. (Fig. 5.)

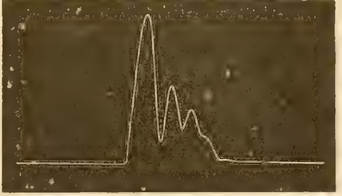


Fig. 3.

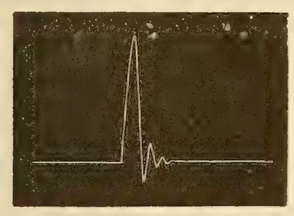


Fig. 4.

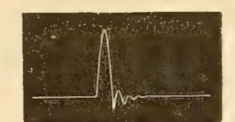


Fig. 5.

Der Versuch wurde, wie schon erwähnt unter denselben Verhältnissen wie in Fig. 3 ausgeführt, nur war die Vergiftung schon so weit fortgeschritten, dass die doppelten Zuckungen hier nicht isolirt hervortraten. Fig. 3 deutet nämlich an, dass hier die erste Zuckung unmittelbar von der späteren begleitet wurde. Ferner ist in diesem Falle die zuerst hervortretende Zuckung ungewöhnlich gross, viel grösser als die maximalen Zuckungen, welche vom motorischen Stamme hervorgerufen werden können. Diese ungewöhnliche Grösse behielt die Zuckung auch nach dem Schnitt dicht oberhalb des Rückenmarkes; sie verminderte sich erst nachdem das Mark im dritten Wirbel durchschnitten war, wie aus Fig. 5 ersichtlich. Wir haben daher Grund, die Erklärung dieser grossen Reflexzuckungen in einer Zusammensetzung oder Superposition mehrerer Zuckungen zu suchen. Die Erregung pflanzt sich nämlich durch mehrere Reflexcentren im Rückenmark vom sensiblen Nerv auf den Muskel fort; und diese Fortpflanzung erfordert um so mehr Zeit, je länger die Bahn ist. Unter solchen Umständen muss der Muskel in mehrere Zuckungen hintereinander gerathen, und mitunter kann es geschehen, dass der Muskel, wie im eben erwähnten Versuche, zu einer neuen Zuckung gereizt wird, während er eine Zuckung in Folge einer vorhergehenden Reizung ausführt.

Es scheint sich daher in den multiplen Reflexbahnen im Rückenmark ein wesentliches Moment zur Erklärung der Verhältnisse zu finden, welche die Reflexzuckungen in Bezug auf Grösse und Zeitverlauf zeigen. Hierauf beruht vielleicht, um hier ein Beispiel anzuführen, das eigenthümliche Verhalten, welches Wundt[1] gefunden hat bezüglich des längeren Zeitverlaufs der Muskelzuckung bei Reizung durch Reflexe mittels Inductionsschlag. Dieses Phaenomen wurde schon in der Abhandlung 5, 2 erwähnt und kann dadurch erklärt werden, dass die Erregung zu den motorischen Nerven sich durch mehrere Reflexbahnen fortpflanzt, welche hinreichend nahe zu einander liegen, damit die Zuckungen, welche durch jede dieser Bahnen vermittelt werden, mit einander verschmelzen können, so dass die Muskelcurve glatt und zugleich verlängert wird.

---

[1] W. Wundt, *Untersuchungen zur Mechanik des Nerven und Nervencentrums.* Zweite Abth. Stuttgart 1876. S. 23.

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrgang 1886—87.

V. Sitzung am 14. Januar 1887.[1]

Hr. Gad hält den angekündigten Vortrag: „Ueber activen Sauerstoff im thierischen Organismus“ nach gemeinschaftlich mit Hrn. Dr. Wurster ausgeführten Untersuchungen.

Die für den Nachweis minimaler Mengen activen Sauerstoffs so werthvollen farbstoffbildenden Körper, deren Verhalten sowohl gegenüber bestimmt charakterisirten chemischen Agentien als auch auf der menschlichen Haut, im Speichel und bei Berührung mit Pflanzensäften Hr. Wurster in der letzten Sitzung dieser Gesellschaft und in der December-Sitzung der Chemischen Gesellschaft[2] nicht nur bekannt gemacht, sondern auch schon zu einigen wichtigen Schlussfolgerungen über die Rolle, welche der active Sauerstoff, namentlich in der Form des Wasserstoffsuperoxyds in den Organismen zu spielen scheint, benutzt hat, sind von Hrn. Wurster und mir in ihrem Verhalten gegen das Blut, gegen das überlebende resp. absterbende Muskelgewebe und nach ihrer Einverleibung in den lebenden Thierkörper weiter studirt worden.

Es möge zunächst gestattet sein, die hier in Betracht kommenden wesentlichen Reactionen noch einmal vorzuführen. Wie dieses farblose, mit einer sehr schwachen Lösung Dimethylparaphenylendiamin (0·1 $^0/_0$ salzsaures Di-) imprägnirte Papier, wenn ich jetzt einen Tropfen eines nicht zu starken Oxydationsmittels (0.1 $^0/_0$ Chromsäure in Essigsäure) darauf fallen lasse, einen intensiv fuchsinrothen Fleck zeigt, welcher sich mit der oxydirenden Flüssigkeit peripherisch mehr und mehr ausbreitet, während in der Mitte schon wieder Entfärbung eintritt, so wird das Di-Derivat des Paraphenylendiamins überall, wo es in kleinen Mengen in saurer Lösung vorhanden ist, durch activen Sauerstoff und zwar unter Verbrauch von einem Sauerstoffatom pro Molecül zunächst in einen intensiv roth färbenden Stoff übergeführt, um bei weiter vorschreitender

---

[1] Ausgegeben am 21. Januar 1887.

[2] *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft.* Bd. XIX. S. 3195 u. S. 3206.

Oxydation, je nach Nebenumständen verschieden schnell, am schnellsten bei Gegenwart von Salzsäure, unter Verbrauch von weiteren 6 Sauerstoffatomen in ein farbloses und an sich nicht weiter farbstoffbildendes Product umgewandelt zu werden.[3]

Vertheilen Sie von diesem, oder auch von stärker imprägnirtem Di-Papier gleiche Stücke auf eine Anzahl von Reagenzgläsern mit gleich viel Wasserstoffsuperoxyd enthaltendem destillirtem Wasser, so sehen Sie bei Zusatz von Essigsäure oder Phosphorsäure oder Milchsäure die Entfärbung nach der Rothfärbung nur langsam eintreten, während sie in dem mit etwas Salzsäure versetzten Glase sehr schnell sich vollzieht. Da sie fast ebenso schnell wie in letzterem Glase in einem mit Milchsäure versetzten eintritt, wenn man in dasselbe noch etwas Kochsalz giebt, so ist anzunehmen, dass bei Gegenwart von Milchsäure und Kochsalz unter der Einwirkung des Wasserstoffsuperoxyds sich schnell freie Salzsäure bildet. Auf die Folgerungen aus dieser interessanten Reaction, deren Kenntniss wir Hrn. Wurster verdanken und welche einiges Licht auf die Frage nach der Bildung freier Salzsäure im Thierkörper wirft, werde ich auch im Verlauf meiner Mittheilung zurückzukommen haben. Sie gelingt übrigens noch schöner mit dem Tetra wie mit dem Di.

Wesentlich dem Di- gleich ist in Bezug auf die bisher angeführten Verhältnisse das Tetraderivat, nur dass das farbige Product des letzteren blauviolett ist und dass das Tetra im Ganzen empfindlicher auf activen Sauerstoff reagirt. Die blaue Färbung durch das Tetra hat vor der rothen durch das Di manchmal einen Vortheil wegen des grösseren Unterschiedes der blauen Farbe gegen die natürlichen Farben der Gewebe. Gewisse Erscheinungen der abwechselnden Färbung und Entfärbung, wobei letztere nicht durch weitergehende Oxydation, sondern durch Reduction bedingt war, haben wir in den Geweben bisher nur beim Tetra zu sehen bekommen. Weit leichter zersetzlich als das salzsaure Salz beider methylirten Derivate des Paraphenylendiamins, welche wir bisher im Auge gehabt haben, sind die Basen selbst, von denen wir wenigstens diejenige des zweifach methylirten Körpers in der Folge zu berücksichtigen haben werden.

Kehren wir zunächst wieder zu dem Chlorhydrat des Di- zurück, nehmen wir aber jetzt ein mit concentrirter Lösung desselben (1.5 $^0/_0$) impraegnirtes Papier und benutzen wir ein Oxydationsmittel in neutraler Lösung (neutrales chromsaures Kali 1 $^0/_0$), so erhalten wir auf dem farblosen Papier sofort einen dunkelblauen Fleck. Der Fleck ist noch tiefer gefärbt und die Reaction noch auffallender, wenn wir ein mit der Di-Base impraegnirtes Papier benutzen, welches freilich nicht so farblos zu erhalten ist wie das mit dem Salz impraegnirte. Die Farbstoffbildung beruht in diesen Fällen ebenfalls auf einer Oxydation (und zwar durch Condensation im Molecül unter Abgabe von Wasserstoff), der hierbei gebildete blaue Körper ist aber Oxydationsmitteln gegenüber weit beständiger als das rothe erste Oxydationsproduct des Di- und das blaue des Tetra. Wo

---

[1] Dieses Product und das farbige Product, welches unter Verbrauch von nur 1 Sauerstoff-Atom entsteht, sind keine höheren Oxydationsstufen des Ausgangskörpers, da die Sauerstoff-Atome nicht in die Constitution des Molecüls des letzteren eingehen. Sie sind Verbrennungs-Producte, denn sie repraesentiren den Rest des Molecüls, welcher nach Abspaltung von Wasserstoff-Atomen bez. Methylgruppen übrig bleibt. An letzteren vollzieht sich die Oxydation zu Wasser und Kohlensäure. Vergl. *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft.* Bd. XIX. S 3196.

wir ihm begegnen, wenn wir das Di- als Salz oder Base auf thierische Gewebe anwenden, haben wir anzunehmen, dass die Oxydation in neutraler Lösung, oder wenn in saurer, jedenfalls nicht in salzsaurer, sondern vielleicht in milch- oder phosphorsaurer vor sich gegangen ist. So abhängig nun auch das Verhalten der uns interessirenden Körper bei Gegenwart activen Sauerstoffs von sonstigen Nebenumständen, namentlich von der alkalischen oder sauren Reaction und von der Natur der die letztere bedingenden Säure ist, so beruht ein grosser Theil ihres Werthes doch darauf, dass sie bei Abwesenheit activen Sauerstoffs einen sehr hohen Grad von Beständigkeit gegenüber starken Agentien besitzen. Diesem Umstand ist nicht nur zuzuschreiben, dass sie durch ihre Veränderungen, wo sie eintreten, mit so hohem Grade von Sicherheit die Gegenwart activen Sauerstoffes beweisen, sondern auch, dass man sie selbst in thierischen Geweben von starker Eigenfarbe noch nachweisen kann, wenn sie als farbige oder farbstoffbildende Körper spurenweise darin enthalten sind. Dieser Nachweis geschieht so, dass das zu untersuchende Gewebe mit starker Kalilauge zersetzt und mit Aether ausgeschüttelt wird. In dem abgegossenen Aether tritt, nach dem Ansäuren mit Essigsäure, beim vorsichtigen Zusatz eines Oxydationsmittels (stark verdünnter Chromsäure oder sehr diluirter Lösung von Kupfervitriol oder Kaliumhypermanganat oder dergl. mehr) die charakteristische Färbung des ersten Oxydationsproductes (roth beim Di-, blauviolett beim Tetra) ein, wenn sich Spuren des dem Gewebe einverleibten Körpers der weiter gehenden Oxydation zu dem farblosen und an sich nicht weiter farbstoffbildenden Product entzogen haben. Die Anwendung des Oxydationsmittels muss daher sehr vorsichtig erfolgen und man darf geeignete Controlversuche darum nicht unterlassen, weil geringe Mengen eines der farbstoffbildenden Körper unter der Wirkung zu starker Oxydationsmittel so schnell der weitergehenden Oxydation verfallen können, dass die vorübergehende Färbung dem Blick entgeht.

Da ich mich im Verfolg meiner Mittheilung darauf zu beziehen haben werde, sei es noch gestattet, hier kurz zu recapituliren, was Hr. Wurster über das Verhalten seiner Reagentien auf der menschlichen Haut und im Speichel schon veröffentlicht hat.

Farbloses Tetrapapier in feuchtem Zustande auf die Haut der Fingerbeeren, der Stirn oder der Wange gebracht, zeigt je nach den verschiedenen Zuständen der Haut ein verschiedenes Verhalten. Entweder bleibt es unverändert oder es bläut sich an den Berührungsstellen mit der Haut und bleibt blau oder es geht durch Blau mehr oder weniger schnell in Farblosigkeit über. Da in letzterem Fall das Papier mit Oxydationsmitteln nicht wieder zu bläuen ist, muss sich die weitergehende Oxydation schon vollzogen haben. Die Zustände der Haut, in denen diese verschiedenen Reactionen eintreten, sind physiologisch noch nicht genauer charakterisirt, es scheint aber, dass die weitgehende Oxydation auf der Haut unter Bedingungen eintritt, unter denen auch von anderen Autoren stark saure Reaction des Schweisses beobachtet worden ist. Jedenfalls giebt es Zustände der Haut, in denen die die Epidermis durchtränkende Flüssigkeit oder das dieselbe benetzende Secret so stark oxydirende Wirkungen entfaltet, wie sie nur von activem Sauerstoff hervorgerufen wird. Beiläufig sei hier daran erinnert, dass die geringere Empfindlichkeit des Di sich auf der Haut dadurch zu erkennen giebt, dass Di-Papier sich erst röthet, wenn gebläutes Tetra schon begonnen hat, sich wieder zu entfärben.

Der frisch entleerte Speichel kräftiger gesunder Männer, wie wir alle sind,

die wir auf meinem Laboratorium verkehren, färbt, mit Essigsäure versetzt, das Tetra-Papier mehr oder weniger, meist aber recht ausgesprochen blau. Entfärbung durch weitergehende Oxydation lässt oft sehr lange auf sich warten, tritt aber auch manchmal schnell ein. Durch umfangreiche Untersuchungen, deren Resultate in zwei kurzen Artikeln der Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft niedergelegt sind,[1] hat es Hr. Wurster sehr wahrscheinlich gemacht, dass das Verhalten des Tetra-Papiers im Speichel auf Anwesenheit von Wasserstoffsuperoxyd in letzterem zu beziehen ist.

Ich gehe jetzt zu den bisher nicht veröffentlichten Ergebnissen unserer gemeinschaftlichen Untersuchungen über.

Lebendes Blut lässt das zweifach und das vierfach methylirte Paraphenylendiamin als Salz und als Base, im Reagens-Papier und in Lösung unverändert. Erst wenn das aus der Ader gelassene Blut beginnt, sich zu zersetzen, fängt es an, auf unsere Reagentien zu wirken. Vorsichtig in reinem Glascylinder aufgefangenes Blut, mit etwas wässriger Lösung der Reagentien versetzt, kann dieselben noch nach zwei Stunden in unverändertem Zustand enthalten. Man erkennt dies am leichtesten daran, dass man etwas von dem Blut auf Filtrirpapier tropft und wenn sich um den Blutstropfen ein farbloser Hof von Plasma gebildet hat, zu diesem ein schwaches Oxydationsmittel zufliessen lässt. Man erhält dann die charakteristische Färbung des ersten Oxydationsproductes, roth beim Di, blauviolett beim Tetra. Zu demselben Resultat führt das Ausschütteln einer Blutprobe mit Aetzkali und Aether, wenn man den abgegossenen Aether ansäuert und vorsichtig mit Oxydationsmitteln behandelt. Auch in dem kreisenden Blut eines mit nicht zu kleinen Dosen Di oder Tetra vergifteten Warmblüters sind die Reagentien in unverändertem Zustand enthalten, wie an dem frisch aus der Ader gelassenen Blut mit den angegebenen Hilfsmitteln erkannt werden kann.

Die Wirkung des sich zersetzenden Blutes auf unsere Körper ist am auffallendsten, wenn man aus der Arterie des lebenden Warmblüters oder Frosches einen Tropfen auf Papier fallen lässt, das mit der Di-Base impraegnirt ist. Einige Zeit bleibt der rothe Blutfleck bestehen, bald aber nimmt er eine tiefblauschwarze Farbe an, welche sehr haltbar ist. Es zeigt dies die Oxydation durch activen Sauerstoff bei Abwesenheit von Salzsäure an (hier wahrscheinlich sogar in alkalischer oder neutraler Lösung).

Das von uns constatirte Verhalten des lebenden und kreisenden Blutes gegen Hrn. Wurster's so empfindliche Reagentien bietet einen neuen Beleg für die Annahme des Fehlens von activem Sauerstoff im Blut, welche wesentlich durch Hrn. Pflüger's erfolgreiche Bekämpfung des vermeintlichen Nachweises von Ozon im Blut durch A. Schmidt, zur Herrschaft gebracht worden ist.

Von besonderem Interesse ist die Demonstration der Activirung des Sauerstoffes durch das Blut beim Absterben desselben und von speciellem Werth für die Beurtheilung von Versuchen, die von anderer Seite veröffentlicht worden sind und auf welche später wird eingegangen werden müssen, ist die Kenntniss der Blaufärbung der Di-Base durch das sich zersetzende Blut.

Versieht man einen aus dem eben getödteten Warmblüter oder Frosch herausgeschnittenen Skeletmuskel mit einem frischen Querschnitt und legt auf denselben Tetra-Papier, so sieht man dieses sich blaufärben, wodurch die Activirung

---

[1] *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft.* Bd. XIX. S. 3195 und S. 3206.

von Sauerstoff durch den frischen Muskelquerschnitt, wahrscheinlich beim Absterben desselben, bewiesen ist. Lehrreicher in mancher Beziehung ist die Anwendung einer nicht zu verdünnten Lösung des salzsauren Di, welches nur den gekochten Muskel ungefärbt lässt, den frischen Muskel aber, namentlich auf dem Querschnitt und auch noch Scheiben des vom Schlächter käuflichen Fleisches intensiv blauschwarz färbt. Diese Blaufärbung durch das Di weist darauf hin, dass die Bedingungen für Activirung von Sauerstoff noch vorhanden sind, nicht aber die für Zerlegung von Kochsalz, auf deren Annahme wir in dem lebenden und thätigen Muskel werden hingewiesen werden. Die Activirung von Sauerstoff auf Schnitten von Fleisch, das im Schlächterladen als frisch gilt, also noch nicht fault, wohl aber schon die Todtenstarre hinter sich hat, ist merkwürdig genug und erinnert an die neuerdings von Brown-Séquard vertretene Ansicht, nach welcher die mit dem Absterben einhergehenden Zersetzungsprocesse im Muskelprotoplasma sich über lange Zeiträume sollen hinziehen können. Ansprechend ist die von Hrn. Wurster geäusserte Vorstellung, dass sich das Fleisch an der Luft sein Desinficiens im Wasserstoffsuperoxyd selbst schaffe und dass es dadurch vor frühzeitiger Fäulniss bewahrt bleibe.

Von den Versuchen mit Einverleibung des Di- und Tetraparaphenylendiamins in den lebenden Thierkörper nehmen diejenigen das grösste Interesse in Anspruch, welche so geleitet werden, dass beträchtliche Mengen des einen oder des anderen Körpers nach ihrer Einführung in das Thier und nach dem bald unter der giftigen Wirkung des Stoffes erfolgten Tode desselben, mit unseren Hilfsmitteln in keinem Gewebe oder Secret mehr nachgewiesen werden konnten (ausser an den Injectionsstellen). In diesen Fällen mussten beträchtliche Mengen der nur durch activen Sauerstoff angreifbaren Körper im lebenden Thiere verbrannt worden sein.

Was zunächst die Vergiftungserscheinungen anlangt, die, wie wir sehen werden, für die Beurtheilung des Verlaufes der Versuche von Werth sind, so lassen sie sich am besten bei allmählicher Aufnahme in den Säftestrom, also nach subcutaner Injection verfolgen. Am auffallendsten sind dann die Erscheinungen von Seiten des Centralnervensystems. Frösche werden zuerst schlaff, sinken mit dem Vorderkörper auf den Tisch, lassen die Nickhaut über die Augäpfel gleiten, gerathen in einen an Hypnose erinnernden Zustand, bei dem sie sich alle möglichen Stellungen aufdrängen lassen, während sie auf stärkere Reize noch richtig reagiren, dann schwindet das Gefühl, der Muskeltonus und die willkürliche Bewegung gänzlich und zwar zu einer Zeit, zu welcher die Muskeln indirect und direct noch gut erregbar sind und das Herz noch schlägt. Kaninchen verlieren zunächst die Herrschaft über die die Körperhaltung bewahrenden Muskeln, sinken mit dem Kopf auf den Tisch, gleiten mit den Vorder- und Hinterbeinen aus, fallen dann auf die Seite und gerathen bald darauf anfallweise in heftige klonische Krämpfe mit dem Charakter coordinirter Bewegungen (Lauf- und Kaukrämpfe). Nach heftigen Wiederholungen derartiger Krämpfe steht die Athmung still, während das Herz meist noch schlägt. Injicirt man concentrirtere Lösungen (1—3 $^0/_0$) namentlich des Di in eine Ingularvene, so steht das Herz schon nach dem, selbst langsamen, Einlaufen weniger Cubikcentimeter still, doch sind dann meist schon typische Krämpfe vorangegangen, welche beweisen, dass die Circulation noch lange genug thätig war, um das Centralnervensystem zu vergiften.

Vollkommen verbrannt waren beispielsweise 10 ^{ccm} einer $^1/_2$ $^0/_0$ essigsaurer

Tetra-Lösung, welche einer Taube in die Halsvene injicirt worden waren, oder 5 ccm einer $^1/_{10}$ $^0/_0$ schwefelsauren Di-Lösung, welche einem Frosch cubiccentimeterweise in verschiedene Lymphsäcke eingespritzt worden waren. Bei Kaninchen, denen 14 ccm einer 3 $^0/_0$ salzsauren Di-Lösung subcutan applicirt wurden, trat der Tod unter den oben beschriebenen Symptomen, welche das Kreisen des giftigen Körpers in wirkungsvoller Menge bewiesen, nach ca. $^3/_4$ Stunden ein. An den Injectionsstellen war das Unterhautzellgewebe, das Platysma myoides und die oberflächlichste Schicht der darunter gelegenen Skeletmuskeln intensiv blau gefärbt. In keinem der übrigen Gewebe noch auch in irgend einem Secret war eine farbstoffbildende Stufe des eingeführten Körpers nachzuweisen. In anderen Fällen fanden sich noch Spuren farbstoffbildenden Stoffes in der Galle, während alle Gewebe schon frei davon waren.

Wir bezweifeln deshalb nicht, dass erhebliche Mengen dieser nur durch activen Sauerstoff angreifbaren Körper im lebenden thierischen Organismus verbrannt werden können. Es scheint, dass dies um so leichter geschieht, je reicher die Gewebe und Gewebssäfte an Kohlehydraten sind (gut genährte Nagethiere, Herbstfrösche) durch je grössere Lebhaftigkeit der Oxydationsvorgänge die Thierspecies sich auszeichnet (Taube) und je lebhaftere Muskelbewegungen bis zum Tode noch ausgeführt werden.

Ueber den Grad der Betheiligung der einzelnen Organe an dieser Verbrennung des eingeführten Körpers erlauben diese Versuche nicht, etwas zu schliessen. Wir wissen aber, dass die Verbrennung nicht im kreisenden Blut eintritt und wir haben keinen Grund, anzunehmen, dass unsere Körper, die in gelöstem Zustand kreisen, von dem lebenden Protoplasma aufgenommen werden, das sich ja im Allgemeinen gegen differente gelöste Stoffe sehr ablehnend verhält. Wahrscheinlich findet also die Verbrennung zwischen dem Blut der Capillargefässe und den Parenchymzellen, also in der Lymphe statt. Da Hr. Wurster die Gegenwart von Wasserstoffsuperoxyd in Secreten sehr wahrscheinlich gemacht hat, ist seine Ansicht nicht von der Hand zu weisen, dass bei dem Stoffwechsel des lebenden Protoplasma's Wasserstoffsuperoxyd gebildet werde, welches namentlich bei Gegenwart von, aus Kohlehydraten stammender Milchsäure und von Kochsalz ausserhalb des Protoplasma's starke Oxydationswirkungen entfalten könnte. Dass Wasserstoffsuperoxyd, bis es Gelegenheit zu solchen Leistungen findet, bei denen es dann natürlich zerfällt, sich in Körpersäften erhalten kann, hat Hr. Wurster dadurch gezeigt, dass er Wasserstoffsuperoxyd in alkalischer und saurer Eiweisslösung lange Zeit unzersetzt erhalten konnte. Es ist vielleicht zweckmässig, noch ausdrücklich hervorzuheben, dass die geläufigen Vorstellungen von Oxydationsprocessen, die sich innerhalb des lebenden Protoplasma's abspielen, neben der vorgetragenen Ansicht zu Recht bestehen können.

Bei Thieren, deren Organismus mit Lösungen unserer Körper überschwemmt worden war, konnten letztere in den meisten Geweben, immer im Blut, häufig in der Galle, einmal in der Thränenflüssigkeit, nie im Harn nachgewiesen werden. Der Nachweis brauchte in manchen Geweben nicht erst mit Hilfe der beschriebenen Methoden erbracht zu werden, da oft spontan recht auffallende Färbungen beim Liegen der herausgeschnittenen Gewebe an der Luft eintraten. Nach Anwendung des Di in grösseren Mengen färbten sich stets Leber und Herz an der Luft blauschwarz, ganz ebenso wie frische Muskelquerschnitte, die mit concentrirter Di-Lösung übergossen werden. Später angelegte Querschnitte durch diese an der Oberfläche schon tief gefärbten Organe, erscheinen zunächst in der

normalen Farbe, verbläuen dann aber schnell an der Luft. Die graue Substanz des Hirns färbt sich an der Luft dunkel olivengrün. Die Natur des diese Färbung bedingenden Körpers ist nicht aufgeklärt, die Färbung des Hirns an sich beweist aber, dass die Di-Lösung mit dem Blut circulirt hatte. Da trotzdem die Extremitätenmuskeln des Warmblüters nie farbstoffbildenden Stoff weder durch spontane Färbung noch nach Zersetzung mit Alkali und Ausschütteln mit Aether aufwiesen — ausser wenn die Injection direct in die Cruralarterie erfolgt war — so scheinen die Extremitätenmuskeln des Warmblüters (und auch die des in Bewegung erhaltenen Herbstfrosches) sehr reichliche Mengen unserer Körper verbrennen zu können. Die Intensität dieser Verbrennung müssten wir uns als so gross vorstellen, wie sie von Wasserstoffsuperoxyd nur in salzsaurer Lösung zu erwarten wäre.

Frösche, denen erhebliche Mengen des Tetra beigebracht worden waren, zeigten ausser Anderem deutliche Blaufärbung der Muscularis des Darmes und einiger Extremitätenmuskeln. Sartorien mit zum Theil diffuser, zum Theil bündelweis stärkerer Blaufärbung, waren gut erregbar und zuckten auch, wenn beim Herauspraepariren ihr Nerv durchschnitten wurde. Bei wiederholter Reizung nahm die Blaufärbung ab, um beim weiteren Liegen an der Luft dann wiederzukehren. In der Dicke des Muskels scheint also nach Aufhebung der Circulation die erste Oxydationsstufe des Tetra wieder reducirt werden zu können. Derartige reducirende Wirkung des Protoplasma's bei Abwesenheit freien inactiven Sauerstoffs scheint auch bei folgender Beobachtung vorgelegen zu haben. Die Muscularis des Magens der stark mit Tetra behandelten Frösche war beim Herausschneiden schon leicht blau; bläute sich tiefer an der Luft, entbläute sich aber an den Stellen, an denen der Magen der reinen Porzellanplatte auflag. Kehrte man den Magen um, so bläute sich nun die bis dahin der Berührung mit der Luft entzogene und dabei entfärbte Partie. Diese Abwechselung von Reduction des Tetra bei Abwesenheit von freiem Sauerstoff mit Oxydation bei Gegenwart desselben durch das absterbende Protoplasma erinnert an einen schönen Versuch von Hoppe-Seyler[1] mit Palladium-Wasserstoffblech in Indigolösung.

Der hervorstechende Zug in unseren Beobachtungen ist starke Oxydation schwer angreifbarer Körper durch Vermittelung des lebenden und des absterbenden Protoplasmas. Hr. Ehrlich,[2] welcher versucht hat, aus der Anwendung von Körpern auf den Organismus, welche bei ihrer Oxydation und Reduction Farbenveränderungen erleiden, Nutzen für die Kenntniss der Sauerstoffverhältnisse im Thierkörper zu ziehen, glaubt in hervorragender Weise gesehen zu haben, dass sowohl vital, als auch postmortal an der Luft, Reductionswirkungen an den von ihm eingeführten Stoffen durch das Protoplasma ausgeübt worden seien. Man könnte vermuthen, dass dieser Widerspruch sich lösen lasse im Hinblick darauf, dass Ehrlich's Stoffe ungelöst im Blute kreisten und, seiner Annahme entsprechend, im Protoplasma selbst der Einwirkung desselben verfallen seien, während ein Grund zur Annahme, dass auch unsere Stoffe in das lebende Protoplasma selbst eingedrungen seien, nicht vorliegt. Ehrlich's und unsere Erfahrungen könnten sich dann in erfreulicher Weise ergänzen. So liegen die

---

[1] *Zeitschrift für physiologische Chemie.* Bd. II. S. 23.

[2] P. Ehrlich, *Das Sauerstoffbedürfniss des Organismus.* Berlin 1885. A. Hirschwald.

Verhältnisse nun aber nicht, da die Folgerichtigkeit der Schlüsse, welche Ehrlich aus seinen Befunden gezogen hat, angezweifelt werden muss. Das chemische Verhalten des einen von ihm angewandten Mittels, und zwar desjenigen, auf welches er selbst mit der grösseren Zuversicht seine Schlüsse gründet, des sogenannten Indophenolweiss, ist in mehrfacher Beziehung ein anderes als er angenommen hat.

Bedenklich ist schon, dass das Indophenolweiss des Handels von seiner Darstellung her mit Zinn-Chlorür verunreinigt ist. Nicht zugegeben kann werden, dass dies Product, wie Ehrlich annimmt, in alkalischer Lösung Sauerstoff an sich reissen muss, um sich blau zu färben. Lässt man in eine wässerige Lösung des sogenannten Indophenolweiss des Handels vorsichtig concentrirte Sodalösung fliessen, so dass diese den Boden des Reagensglases in getrennter Schicht bedeckt, so schreitet die Blaufärbung von der Tiefe nach der Oberfläche zu vor. Es ist dies um so erklärlicher, als das Indophenolblau sich bereits in schwachen Säuren mit gelber Farbe löst und durch Alkalien dann wieder als unlösliches Blau ausgeschieden wird. Unbeachtet von Ehrlich ist die leichte Zersetzlichkeit des sogenannten Indophenolweiss schon in schwach saurer Lösung geblieben, welche gleich im ersten Patent nicht verschwiegen worden ist. Nach Möhlau[1] bildet sich bei dieser Zersetzung Dimethylparaphenylendiamin und ein Chinon. Unser Indophenolweiss, welches wir uns aus derselben Quelle verschafft haben, enthält unser Di schon in deutlicher Menge, denn wenn ich jetzt einen Tropfen des sogenannten Indophenolweiss auf Filtrirpapier fallen lasse und warte, bis sich um den braunen Fleck ein farbloser feuchter Hof gebildet hat, so sehen Sie bei Zusatz eines schwachen Oxydationsmittels in saurer Lösung sofort die charakteristische Rothfärbung eintreten. Ist das Indophenol erst zersetzt, so verfällt das Di denselben Schicksalen wie in unseren Versuchen, von denen Ehrlich aber die Möglichkeit der Verbrennung zu einem farblosen mit Oxydationsmitteln in saurer Lösung sich nicht direct färbenden Product nicht gekannt hat. Wo Ehrlich vitale oder postmortale Entfärbung findet, zieht er nur die Möglichkeit der Reduction seines Indophenolblau zu Indophenolweiss in Betracht, ohne zu wissen, dass hier ebenso das Resultat einer vollkommenen Verbrennung vorliegen könnte. Dieser Punkt ist um so wichtiger, als nur die Minderzahl der Organe primär blau oder durch nachherige Oxydation verbläuend, also farbstoffhaltig gefunden wurde. Ausserdem kann sich, wenn sich kleine Mengen des Di der Verbrennung entzogen haben, bei Anwendung des neutralen Oxydationsmittels der uns schon bekannte blaue Farbstoff des Di-Derivates bilden.

Da das sich zersetzende Blut das freie Dimethylparaphenylendiamin für sich allein schon in einen blaugefärbten Körper überführt, so sind die vitalen Indophenolsynthesen Ehrlich's am Dimethylparaphenylendiamin und Naphthol ebenfalls zweideutig. Ebenso oxidirt der belichtete Aether die freie Base in der kürzesten Zeit beim Verdampfen zu einem blauen Körper, auch die Luft, wenn die Base in wässriger Lösung mit Alkalien geschüttelt wird.

Die Frage, welche Ehrlich an zwei Stellen seines Buches aufwirft, ob das Indophenolweiss als solches kreise oder in seine Componenten das α-Naphtol und unser Dimethylparaphenylendiamin, im Organismus zerlegt werde, lässt sich leicht zu Gunsten der letzteren Annahme entscheiden durch das Auftreten der für das Di so charakteristischen Rothfärbung bei Oxydation in saurer Lösung.

---

[1] *Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft.* Bd. XVI. S. 2852.

Die vollständige Verbrennung des Indophenols in denjenigen Organen, in denen Ehrlich weder primäre Bläuung findet, noch solche durch Oxydation hervorrufen kann, ein theilweises Verbrennen da, wo wie in der Lunge die Bläuung noch durch chromsaures Kali hervorgerufen werden kann, ist somit zum mindesten sehr wahrscheinlich gemacht. Es fallen hiermit die Schlüsse, welche Ehrlich aus dem Verhalten des Indophenols im Thierkörper gezogen und welche er zum Theil als paradoxe bezeichnet hat.

VII. Sitzung am 11. Februar 1887.[1]

Hr. A. König hält den angekündigten Vortrag: „Ueber Hörschärfe und ihre Bestimmung durch ausklingende Stimmgabeln."

Da der Inhalt des Vortrages demnächst an einem anderen Orte mit Hinzufügung weiterer Entwickelungen vollständig veröffentlicht werden wird, mögen hier nur die Resultate der auf mathematischer Grundlage aufgebauten Ausführungen angegeben werden.

1. Bezeichnet man die Zeit, während der eine Stimmgabel nach ihrem Anschlage von einem normalen Ohre durch Knochen- resp. Luftleitung noch gehört werden kann, als ihre Klangzeit für Knochen- resp. Luftleitung, so kann man die pathologisch erhöhte oder verminderte Grösse der unteren Reizschwelle eines Ohres charakterisiren, indem man die Klangzeit für dieses Ohr in der Einheit der normalen Klangzeit ausdrückt.

2. Bei Stimmgabeln von gleicher Höhe und gleicher Anfangsamplitude ist diese Bestimmung unabhängig von dem logarithmischen Decrement der Schwingungen der Stimmgabel.

3. Ist in dieser Art die anomale Klangzeit für irgend ein krankes Ohr z. B. als die Hälfte der normalen gefunden, so ist daraus nicht zu schliessen, dass für die betreffende Tonhöhe die untere Reizschwelle auf das Doppelte erhöht ist, sondern es kann diese Erhöhung nur berechnet werden, wenn man den absoluten Betrag der Anfangsamplitude und der unteren normalen Reizschwelle kennt, wobei zu beachten ist, dass die untere Reizschwelle des normalen Ohres mit der Tonhöhe variirt.

VIII. Sitzung am 25. Februar 1887.[2]

Hr. H. Munk legte die folgenden Mittheilungen des auswärtigen Mitgliedes Hrn. H. Kronecker aus dem physiologischen Institute der Universität Bern (vom 12. Februar 1887) vor:

a) H. Kronecker und Nad. Popoff „Ueber die Bildung von Serumalbumin im Darmcanale."

---

[1] Ausgegeben am 4. März 1887.
[2] Ausgegeben am 4. März 1887.

Am 14. April 1882[1] hat Hr. Dr. von Ott der Gesellschaft die Resultate von Versuchen mitgetheilt, welche er unter Beirath des Einsenders im physiologischen Institute der Universität Berlin angestellt hatte, um den Ort zu bestimmen, wo die Eiweisskörper der Nahrungsmittel in Serumalbumin umgewandelt werden. v. Ott fand, dass im Darme und sogar schon im Magen aus allen Albuminaten (auch den pflanzlichen) Serumalbumin, d. h. ein Eiweisskörper, welcher den Froschherzmuskel leistungsfähig macht, gebildet wird. Er zeigte, dass Fibrin, durch künstlichen Magensaft verdaut, in keinem Stadium der Umwandlung zu Magenpepton das isolirte Froschherz leistungsfähig zu erhalten vermag, dass aber solche Peptonlösung im Magen des lebenden Thieres zu einer herzernährenden Substanz umgebildet wird.

Nachdem aber die Untersuchungen von W. Kühne und seinen Schülern dargethan hatten, dass das Trypsin die Albumosen (Magenpeptone) weiter spaltet, lag die Frage nahe, ob auch Pankreaspeptone im Magen und Darme noch in Serumalbumin zurückverwandelt werden können.

Fräulein Popoff hat im physiologischen Institute zu Bern eine Reihe von Ernährungsversuchen an Herzen von Frosch und Kröte angestellt, indem sie die isolirten, durch indifferente Kochsalzlösungen erschöpften Herzen am Manometer mit den zu prüfenden Eiweisslösungen durchspülte.

Zunächst wurden die Resultate, welche v. Ott gewonnen hatte, bestätigt: Ein Krötenherz, welches mit Kochsalzlösung (0,6 $^0/_0$) bis zur Erschöpfung ausgespült war, wurde durch Peptonlösung, die im ausgewaschenen Magen eines lebenden Hundes 15 Min. verweilt hatte, wieder leistungsfähig gemacht.

Hierauf wies Nad. Popoff nach, dass Pepton, welches durch Verdauung mit künstlichem Magensaft gewonnen war, in isolirter Dünndarmschlinge eines lebenden Hundes zu Serumalbumin regenerirt wurde. Hierzu wurde einem Hunde eine Vella'sche Darmfistel angelegt, d. h. ein Stück (von 10 cm Länge) aus dem Dünndarme ausgeschnitten, aber mit dem Mesenterium in vollständiger Verbindung gelassen, die beiden Darmmündungen wurden in die Bauchwand als offene Fisteln eingeheilt, nachdem der restirende Darmcanal wieder zusammengenäht worden.

Der Hund trägt die Fistel jetzt fast ein Jahr ohne jeden Nachtheil. Das ausgeschaltete Stück Darm regenerirt Magenpepton binnen 10 Minuten zu Serumalbumin, während Kochsalzlösung, gleiche Zeit in der (zuvor ausgespülten) Darmschlinge ruhend, keine muskelernährenden Bestandtheile aufnimmt. Das genuine Pepton erholte das Herz nicht. Vergleichende Versuche lehrten, dass in der Darmschlinge reichlicher Serumalbumin gebildet wird als im Magen. Doch war nicht zu verhüten, dass aus dem Magen Eiweiss durch den Pylorus entrann.

Endlich stellte Nad. Popoff aus Blutfibrin durch Pankreasextract in alkalischer Lösung Pankreaspepton dar. Pankreaspeptonlösung vermochte ebensowenig wie Magenpeptonlösung das Herz leistungsfähig zu machen, aber im Gegensatz zu Magenpepton konnte Pankreaspepton weder durch den lebenden Magen, noch durch den lebenden Darm zu Serumalbumin regenerirt werden.

Es ist uns sehr wahrscheinlich — jedoch noch nicht bewiesen —, dass im Duodenum der lebenden Thiere ebensowenig Pankreaspeptone gebildet werden,

---

[1] *Diese Verhandlungen.* 1881—1882. Nr. 14. — Ausführliche Darlegung in *diesem Archiv,* 1883. S. 1.

wie im lebenden Magen — Magenpeptone. Es würde danach dem Magen und Pankreas nur die Aufgabe zufallen, die festen Eiweisskörper löslich zu machen. Der gesammte Darmcanal vermag dann die irgendwie constituirten Eiweisskörper in Serumalbumin überzuführen.

b) J. BRINCK und H. KRONECKER: „Ueber synthetische Wirkung lebender Zellen."

Fräulein Julia Brinck hat nunmehr unter des Einsenders Leitung die soeben mitgetheilten Befunde bestätigt und im Wesentlichen folgende hinzugefügt:

1. Gekochte Peptonlösung wird im Magen des lebenden Hundes nährfähig für das isolirte Herz von Fröschen und Kröten. Dies synthetische Vermögen bewahrt der Magen etwa $^1/_4$ Stunde nach dem Tode. Später eingeführtes Pepton wird nicht mehr in Serumalbumin umgewandelt.
2. Der ausgeschnittene Kaninchendarm verliert schon während einiger Minuten seine Serum bildende Fähigkeit; auch der ausgeschnittene Froschdarm vermag Pepton nicht in Serumalbumin überzuführen.
3. Das ausgeschnittene lebende Froschherz ist sogar selbst im Stande, Peptonlösung, die zu oft wiederholten Malen durchgespült wird, serumhaltig zu machen.
4. Keinerlei Salzlösung gewinnt ernährende Eigenschaften, wenn sie noch so oft durch das lebende Herz geleitet wird.
5. Magenpeptonlösung, welche man offen aufbewahrt, kann nach Tagen oder selbst Stunden für das Herz vollkommen nährfähig werden. Siedehitze zerstört diese Nährfähigkeit binnen weniger Minuten.
6. Pankreaspepton wird niemals, unter keiner der geprüften Bedingungen Herznährmittel.
7. Verfaulte, mit Schimmelpilzen bedeckte Peptonlösung ist exquisit nährfähig. Wenn die Fäulniss aber sehr weit vorgeschritten ist, so macht die Lösung das Herz schlaglos.
8. Blutserum verliert durch Siedhitze seine erholenden Eigenschaften, ebenso wenn es getrocknet lange (durch Wochen) aufbewahrt wird. Sterilisirt (bei 55°) und aseptisch gehalten, bleibt es wochenlang nährfähig.
9. Kochsalzlösung, welche während einiger Stunden in der Bauchhöhle des lebenden Kaninchens verweilt hat, wird für das Froschherz in hohem Grade nährfähig, büsst aber durch Siedhitze diese Nährkraft wieder ein. Wir schliessen daraus, dass die Kochsalzlösung in der Bauchhöhle viel Serumalbumin aufnimmt.
10. Peptonlösung, welche im hiesigen physiologischen Institute zur Fäulniss warm gehalten wurde, färbte sich wiederholt intensiv apfelgrün.

    Fräulein Brinck untersuchte diese Flüssigkeit in der medicinischen Klinik unter Prof. Lichtheim's Leitung nach der Koch'schen Züchtungsmethode und fand ausser Schimmelpilzen zwei Arten Bakterien in der Aussaat auf der Nährgelatine.

11. Der eine Bacillus bildet auf der Nährgelatine braune, fein granulirte Colonien. Diese enthalten kurze Stäbchen mit spitzen Enden, die selten lang auswachsen, meistens zu Doppelformen oder Ketten aneinandergereiht sind. Sie färben sich sehr leicht mit Bismarckbraun. Diese Bacillen lassen die Lösungen, in denen sie wachsen, farblos und die Nährgelatine fest.

12. Der andere Bacillus bildet auf den Gelatineplatten weisse Colonien, welche kleiner sind und weniger deutlich granulirt als die braunen. Diese Colonien bestehen aus kurzen Stäbchen mit abgerundeten Enden, welche Ketten bilden, sich nicht gut mit Bismarckbraun färben, wohl aber sehr leicht mit Fuchsin. Diese Bacillen verflüssigen die Nährgelatine und färben die Nährlösungen intensiv grün. Bei Luftabschluss verlieren die Lösungen wieder die grüne Farbe; wenn sie aber mit Luft geschüttelt werden, grünen sie wieder. Diesen Bacillus kann man daher passend Bacillus virescens nennen.

13. Reinculturen des Bacillus der braunen Colonien in sterilisirter Peptonlösung gezüchtet, bilden in derselben Serumalbumin, welches das Froschherz erholt, durch Kochen mit Säuren gefällt wird etc. Diesen Bacillus wollen wir daher Bacillus restituens nennen.

14. Reinculturen des Bacillus virescens machen die Peptonlösung nicht nährfähig, sondern giftig: das Froschherz, damit durchspült, stirbt ab. Blut, zu dem man etwa 1 % der grünen Peptonlösung mischt, wird lackfarben, indem viele Blutkörperchen gelöst werden, und tödtet ebenfalls damit durchspülte Herzen.

15. Die Ausscheidungsproducte des Bacillus virescens machen das Froschherz für Blut durchlässig.

Die ferneren Vergiftungserscheinungen, welche dieser pathogene Bacillus erzeugt, untersucht Fräulein Brinck noch unter Leitung von Prof. Lichtheim.

16. Beide Bakterienarten wachsen auch im Pankreaspepton wie in Pasteur'scher Nährlösung. Es bildet aber der Bacillus restituens aus Pankreaspepton kein Ssrumalbumin.

17. In Serumalbumin wächst der Bacillus restituens nur kümmerlich und scheint darin nach einiger Zeit abzusterben.

18. Magenpeptonlösungen, welche durch den Bacillus restituens nahrhaft gemacht sind, bleiben es auch, wenn die Bacillen durch Erwärmen auf 55° getödtet worden.

19. Serumalbumin, nach Hammarsten's Methode aus Blutserum rein dargestellt, vermag das Froschherz nicht zu ernähren; ebensowenig Paraglobulin.

Durch diese Untersuchungen dürfen wir wohl folgende Sätze für erwiesen halten:

I. Serumalbumin ist durch seine muskelernährende Eigenschaft sicherer charakterisirt, als durch physikalische und chemische Reactionen.

II. Magenpeptone sind noch Eiweisskörper im physiologischen Sinne, Pankreaspeptone nicht mehr.

(Es sind Fütterungsversuche im Gange, welche den Nachweis erbringen sollen, dass Pankreaspepton kein Nahrungsmittel ist.)

III. Magenpeptone werden durch viele Arten lebender Thier-Zellen zu Serumalbumin regenerirt.

IV. Ein Bacillus hat gleichfalls die nützliche Eigenschaft gezeigt, aus Magenpeptonen Serumalbumin zu bilden.

V. Pathogene Bacillen haben degenerirende Macht.

(Die Bacillen und Culturen wurden der Gesellschaft demonstrirt.)

IX. Sitzung vom 11. März 1887.[1]

1. Hr. A. BAGINSKY hielt den angekündigten Vortrag: „Ueber Acetonurie bei Kindern."

Die Untersuchungen wurden veranlasst durch die Mittheilungen von v. Jacksch, welcher gelegentlich seiner Untersuchungem über Acetonurie diesen Körper auch im Harn der Kinder unter normalen Verhältnissen und bei fieberhaften Zuständen gefunden haben will. Redner bediente sich zum Nachweis von Aceton im Harn der Lieben'schen Reaction (Bildung von Jodoform), der Reaction von Legal (Farbenreaction mit Nitroprussidnatrium), der Reynold'schen Reaction (Vermögen des Aceton frisch gefälltes Quecksilberoxyd zu lösen). Der einzige etwa im Harn bedeutungsvolle Körper, welcher die Lieben'sche Reaction giebt, indess auch schon bei dieser Unterschiede gegenüber dem Aceton erkennen lässt, ist der Alkohol. Seine Anwesenheit im Harn der Kinder ist zwar bei den minimalen Mengen von Alkoholica, welche Kinder aufnehmen, an sich schon unwahrscheinlich, sie lässt sich aber dadurch ausschliessen, dass das Alkohol sich in den anderen beiden Reactionen wesentlich anders verhält, als das Aceton. Redner konnte bestätigen:

1. Dass Aceton im Harn gesunder Kinder unter völlig normalen Verhältnissen vorkommt, allerdings nur in ganz kleinen Mengen.
2. Im Harn fiebernder Kinder findet sich bei den mannigfachen fieberhaften Krankheiten wie Pneumonie, Masern u. s. w. reichlicher Acetongehalt.
3. Derselbe nimmt entsprechend der Fieberhöhe zu und verschwindet mit dem Fieberabfall.
4. Die Bildung des Acetons geht wahrscheinlich hervor aus dem Zerfall stickstoffhaltigen Materials im Organismus, denn die Acetonurie wird intensiv gesteigert beim Hunde durch reichliche stickstoffhaltige Nahrung, und sie kann, wie Redner nachweisen konnte, an demselben Thiere

---

[1] Ausgegeben am 1. April 1887.

durch andauernde Fütterung mit Kohlehydraten zum Verschwinden gebracht werden. Untersuchungen am Krankenbett ergaben entsprechende Verhältnisse.

5. Der Acetongehalt im Harn ist enorm gesteigert bei Kindern mit eklamptischen Anfällen (plötzlich hereinbrechenden epileptiformen Krämpfen). Die Quelle dieser Acetonurie konnte nicht in der stattgehabten Medication von Chloralhydrat gefunden werden.

6. Die Quelle dieser Acetonurie ist auch nicht in Gährungsvorgängen im Darmcanal zu suchen, wenigstens sind die bei der Milchsäuregährung auftretenden Mengen von Aceton sehr unbedeutend.

7. Weder in den Faeces noch in dem Mageninhalte lässt sich bei dyspeptischen Kindern Aceton nachweisen (eine einzige Ausnahme).

8. Der Acetongehalt kann nicht als die Ursache der eklamptischen Anfälle der Kinder angesprochen werden, denn in den Krankheitsformen, welche den eklamptischen Anfällen oft voranzugehen pflegen, fehlt das Aceton zumeist oder es ist nur in geringen Spuren vorhanden.

9. Die Vermuthung, dass die Acetonurie zur Rachitis in Beziehung stehe, hat sich nach den klinischen experimentellen Untersuchungen nicht bestätigt; ein lange mit Aceton gefütterter Hund ist von Rachitis freigeblieben.

10. Die langandauernde Fütterung mit Aceton hat auch keine Nephritis bei dem Thiere erzeugt, im Gegensatz zu den Angaben von Albertoni und Pisenti.

2. Hr. A. Blaschko hielt den angekündigten Vortrag: „Zur Architektonik der Oberhaut“ (mit Demonstrationen).

Im Anschluss an zwei frühere Mittheilungen (Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft vom 21. October 1883 und vom 27. März 1885) bespricht der Vortragende unter Vorlegung zahlreicher Praeparate und Zeichnungen die architektonische Gliederung der menschlichen Oberhaut.

An der unbehaarten, zum directen Tasten dienenden Hautfläche (Hand- und Fussteller, Finger, Nägel, Lippen, Brustwarze, äussere Genitalien, Trommelfell und benachbarte Partieen des äusseren Gehörganges) besteht das Rete Malpighi aus leistenförmigen Gebilden, welche regelmässige, oft spiralige Curven beschreiben. Diese Leisten verlaufen entweder einander parallel, oder verästeln sich oder schneiden sich recht- oder spitzwinkelig, quadratische und rhombische Hohlräume („Papillen“) zwischen sich lassend. An der behaarten „indirecten Tastfläche“ (also der gesammten übrigen Haut) bilden das wesentliche Tastorgan die Haare, welche in ähnlich regelmässigen spiraligen Curven angeordnet sind, wie die Leisten der unbehaarten Tastflächen. Ausser den Haaren finden sich aber auch an vielen Stellen der behaarten Tastfläche schwächer entwickelte Leisten, welche entweder ebenfalls in langgestreckten, dem Zuge der Haarströme folgenden Spiralen verlaufen oder ein bald ganz, bald halb geschlossenes Netzwerk bilden, an dessen Maschen nicht immer eine bestimmt vorwiegende Richtung erkennbar ist.

Die Leisten der unbehaarten Haut und die Haare auf der behaarten entstehen gleichzeitig im 4.—6. Embryonalmonat, lange Zeit vor den Leisten der behaarten Haut, welche erst in den letzten Monaten des Embryonallebens auftreten. Innerhalb der einzelnen Tastorgane kommen Haare und Leisten nicht sämmtlich mit einem Male zum Vorschein, sondern ihre Entwickelung nimmt von gewissen Punkten ihren Ausgang und pflanzt sich von da allmählich auf die benachbarten Partien der Haut fort.

Die spiralige Anordnung der genannten epidermoidalen Gebilde ist eine Folge der spiraligen Wachsthumsrichtung der Epithelzellen, welche sich auch sonst noch in einer grossen Zahl normaler und pathologischer Wachsthumsphaenomene an der Haut ausspricht.

Die ausführliche Mittheilung der Untersuchungen wird demnächst an anderer Stelle erfolgen.

X. Sitzung am 25. März 1887.[1]

1. Folgende Mittheilung war eingegangen und wurde vorgetragen:

„Was soll man unter „Traube-Hering'schen Wellen" verstehen" von Hrn. Prof. Léon Fredericq in Lüttich.

In den mittels selbstregistrirender Quecksilbermanometer bei Kaninchen, Hunden u. s. w. gewonnenen arteriellen Blutdruckcurven kann man bekanntlich dreierlei Arten periodischer Schwankungen oder Wellen unterscheiden, nämlich:

1. Schwankungen erster Ordnung oder Pulsschwankungen; jede dieser kleinsten und zugleich häufigsten Wellen entspricht einer Herzsystole.
2. Schwankungen zweiter Ordnung oder Athemschwankungen, welche synchron mit den Bewegungen der Athemmuskeln auftreten und auf deren grössere Berge und Thäler die Pulsschwankungen als kleinere Berge und Thäler aufgesetzt sind. Ihr Verlauf wird durch die Combination mehrerer zum Theil einander entgegenwirkender Momente bedingt. Vasomotorische Einflüsse scheinen oft dabei im Spiele zu sein.
3. Schwankungen dritter Ordnung, welche in viel längeren Perioden verlaufen und deren jede mehrere Athemschwankungen (und folglich eine noch viel grössere Zahl von Herzpulsen) umfasst. Sigm. Mayer hat zuerst die Aufmerksamkeit auf sie gelenkt und ihnen den Namen spontane (oder vasomotorische) Druckschwankungen gegeben. Diese nicht constanten und nicht immer regelmässigen Wellen sollen durch eine periodische Thätigkeit des allgemeinen vasomotorischen Centrums entstehen.

Die Perioden dritter Ordnung hat Sigm. Mayer[1] nach meiner Meinung irrthümlich mit den Traube-Hering'schen Wellen zusammengefasst; und diese

---

[1] Ausgegeben am 1. April 1887.

[2] Sigm. Mayer, Ueber spontane Blutdruckschwankungen. *Wiener Sitzungsberichte*. LXXIV., 3, S. 281 - 306. 1876.

unrichtige Auffassung ist von den meisten Physiologen stillschweigend angenommen worden. Es ist, glaube ich, die höchste Zeit, diesem Irrthum entgegen zu treten, bevor er sich gänzlich in der deutschen Physiologie eingebürgert hat.

Die von Traube[1] und später von Hering[2] studirten Wellen sind Schwankungen zweiter Ordnung, d. h. Athemschwankungen. Jede entspricht nicht mehreren, sondern nur einer Bewegung der Athemmusculatur. Sie stellen das vasomotorische Moment dar, welches in gewissen Fällen zum Zustandekommen der Athemschwankungen mitwirkt. Bei ihrer Entstehung ist die Thätigkeit der vasomotorischen und respiratorischen Centren isochron. Nur den Ort ihres Entstehens (vasomotorische Centren) haben sie mit den Schwankungen dritter Ordnung oder den spontanen Druckschwankungen Sigm. Mayer's gemein. Ihr zeitlicher Verlauf ist ein ganz verschiedener, er passt sich genau dem Athemrhythmus, d. h. den Schwankungen zweiter Ordnung an. Eine Mayer'sche spontane Druckschwankung (dritter Ordnung) muss also mehrere Traube-Hering'sche Wellen (zweiter Ordnung) umfassen und kann niemals mit einer einzigen identificirt werden.

Jeder unbefangene Leser der Hering'schen Abhandlung wird sich von der Richtigkeit dieser Darstellung leicht überzeugen; und diese Ueberzeugung wird für den nichts an Gewissheit zu wünschen übrig lassen, welcher nur einige Male selbst das Traube-Hering'sche Experiment an nicht curarisirten, aber mit Morphium narkotisirten Hunden wiederholt.

„Wenn“, sagt Traube, „bei einem durch Worara bewegungslos gemachten Thiere, dem die Vagi durchschnitten sind, die (bis dahin regelmässig unterhaltene) künstliche Respiration suspendirt wird, so steigt der Druck im Aortensystem oft über das Doppelte der ursprünglichen Höhe. Dieses Ansteigen kann mehrere (2—3) Minuten dauern, und während desselben zeigt die Druckcurve, obgleich das Thier bewegungslos daliegt und auch die passiven Bewegungen des Brustkastens aufgehört haben, regelmässig grosse, wellenförmige Schwankungen. Die Zahl dieser Wellen kann sich bis auf sieben in der Minute belaufen und ihre Höhe mehr als 40 ^{mm} betragen“ u. s. w.

„Das Auftreten dieser regelmässigen, wellenförmigen Schwankungen des Blutdruckes curarisirter Thiere, welche keine spontanen Athembewegungen mehr ausführen, und deren Vagi und Sympathici am Halse durchschnitten sind“ hat Hering zum besonderen Gegenstand seiner Mittheilung: „Ueber Athemschwankungen des Gefässsystems“ gemacht.

Nach Hering (a. a. O. S. 842) sind „die beschriebenen wellenförmigen Schwankungen des Blutdruckes durch die rhythmische Thätigkeit des respiratorischen Nervencentrums bedingt.“

„Wir haben uns bisher begnügt“, sagt Hering, „einen gewissen Zustand des Arterienblutes als eine Bedingung für das Auftreten der wellenförmigen Schwankungen des Blutdruckes anzugeben, ohne näher nach der Ursache dieser eigenthümlichen Erscheinungen zu fragen. Dies ist nunmehr unsere Aufgabe.“

---

[1] L. Traube, Ueber periodische Thätigkeitsäusserungen des vasomotorischen und Hemmungsnervencentrums. *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.* 1885. S. 880, auch *Gesammelte Abhandlungen.* I.

[2] Ewald Hering, Ueber Athembewegungen des Gefässsystems. *Wiener Sitzungsberichte.* LX., 2, S. 829—856. 1869.

„Wenn man bedenkt, dass der Rhythmus, welchen die erwähnten Wellen einhalten, immer dem Rhythmus der Athembewegungen eines Thieres, dem beide Vagi durchschnitten sind, ungefähr entspricht, so drängt sich der Gedanke auf, dass die Wellen entstehen durch eine periodische, der Innervation der quergestreiften Athemmuskeln associirte Innervation der Herz- oder Gefässnerven, welche nicht durch das Curare gelähmt sind."

„Unsere weiteren Versuche lassen uns an der Richtigkeit dieser Hypothese nicht zweifeln, und wir stützen uns dabei, abgesehen von mehreren Wahrscheinlichkeitsgründen, welche in den späteren Mittheilungen erwähnt werden sollen, hauptsächlich auf folgende, wie uns scheint, hinreichend beweisende Thatsache."

„Es kommt vor, dass Thiere, welche man mit nicht zu grossen Dosen von Curare vergiftet hat, anscheinend vollständig gelähmt sind, so lange künstliche Athmung unterhalten wird, weil sie nämlich auf die gewöhnlich zur Controle der Lähmung benützten Reize nicht mehr durch Bewegungen reagiren. Setzt man aber die künstliche Athmung aus, so zeigen sich, sobald das Blut hinreichend dyspnoïsch geworden ist, doch noch rhythmische Zuckungen einzelner Athemmuskeln, welche aber nicht mehr im Stande sind, den Thoraxraum zu erweitern oder zu verengern, oder dies höchstens in einer gar nicht in Betracht kommenden Weise thun. Ist zu dieser Zeit die Luftröhre mit einem Manometer in luftdichter Verbindung, so kann man controliren, ob diese rhythmischen Zuckungen der Athmungsmuskeln die Weite des Thoraxraumes ändern oder nicht."

„Bemerkt man nun an einem curarisirten Thiere beim Aussetzen der künstlichen Athmung derartige rudimentäre Athembewegungen und reagirt zu gleicher Zeit das mit der Trachea verbundene Manometer nicht mehr auf diese Bewegungen, so lässt sich der Beweis für die oben gemachte Annahme führen, wenn man den Rhythmus der Wellen des Blutdrucks mit dem Rhythmus jener rudimentären Athembewegungen vergleicht, denn beide Rhythmen erweisen sich als identisch."

Wie schon oben gesagt, ist der Beweis dieser Identität der beiden Rhythmen (der Traube-Hering'schen Wellen und der Athembewegungen) noch viel schlagender, wenn man, statt das Thier (Hund) durch Curare zu lähmen, es nur durch Morphium und Chloroform narkotisirt. Um die mechanische Wirkung der Athemmuskelcontractionen auf Lunge, Herz und Gefässe möglichst zu beschränken, muss die ganze vordere Wand des Brustkastens in grösserer Ausdehnung entfernt, die Phrenici müssen durchschnitten und die Bauchdecken der Linea alba entlang gespalten werden. Die Bewegungen der Rippenstümpfe können nun als Athemcurve gleichzeitig mit der Blutdruckcurve registrirt werden.

Beim Aussetzen der künstlichen Athmung zeichnen sich in der Blutdruckcurve die von Traube und Hering geschilderten Wellen. Es ist leicht zu constatiren, dass jede Blutwelle einer einzelnen Athembewegung entspricht, und zwar fallen absteigender Schenkel einer Welle und Inspiration (Hebung der Rippen) zusammen, während der aufsteigende Theil der Welle zu gleicher Zeit mit der Exspiration aufgeschrieben wird.

Es ist also kein Zweifel, dass die sogenannten Traube-Hering'schen Wellen Schwankungen zweiter Ordnung, Athemschwankungen des Blutdruckes darstellen, während die Sigm. Mayer'schen spontanen Wellen Schwankungen dritter Ordnung sind. Um jede Verwechselung zu verhüten,

würde es vielleicht passend sein, die letzten Wellen mit dem Namen Sigm. Mayer'sche Wellen zu bezeichnen.

2. Hr. C. Wurster (a. G.) sprach über: a. Die Einwirkung oxydirender Agentien auf Hühnereiweiss (Mittheilung aus der speciell physiologischen Abtheilung des Physiologischen Instituts).

Durch den Nachweis eines stark oxydirenden Körpers im Speichel und in dem Schweiss, welchen ich alle Ursache habe, für Wasserstoffsuperoxyd zu halten, wurde ich veranlasst, die Wirkung des käuflichen H_2O_2 auf Hühnereiweiss und Blutserum zu studiren. Die recht auffällige Thatsache, dass frischer Speichel keine salpetrige Säure enthält, dass diese aber momentan entsteht, sobald stark oxydirender Speichel mit Ammoniak zusammentrifft,[1] wie ich dies gefunden, erklärt nun auch das Vorkommen der salpetrigen Säure, welche andere Forscher im Speichel und im Schweiss nachgewiesen haben. Da Ammoniak im Blute vorgefunden wird, so kann überall da, wo Wasserstoffsuperoxyd im Thierkörper entsteht, auch salpetrige Säure sich bilden, wenn zugleich Ammoniak oder Ammoniaksalze vorhanden sind.

Was die Einwirkung des H_2O_2 auf Eiweiss anbelangt, so habe ich dieselbe schon beschrieben[2] und ich will hier nur kurz wiederholen, dass frisches Hühnereiweiss gegen H_2O_2 sehr beständig ist in neutraler oder schwach alkalischer Lösung, dass dasselbe in saurer Lösung jedoch rasch verändert wird. Besonders bemerkenswerth ist die Einwirkung von H_2O_2 bei gleichzeitiger Anwesenheit von $^1/_2$ bis 1 $^0/_0$ Milchsäure und von $^1/_2$ bis 1 $^0/_0$ Kochsalz. Bei Bluttemperatur beginnt zuweilen sofort eine Eiweiss-Gerinnung, welche im Brütofen bei 37° bis 40° C. nach 12 bis 26 Stunden beendet ist. Das Eiweiss ist hierbei in einen flockigen weissen, in Wasser unlöslichen Körper verwandelt, welcher sowohl in seinem äusseren Ansehen, als in seinen chemischen Eigenschaften von dem Käsestoff der Milch kaum zu unterscheiden ist. Ich schlage deshalb vor, dieses durch H_2O_2 Milchsäure und Kochsalz gefällte Hühnereiweiss als Ei-Caseïn zu bezeichnen. Charakteristisch für dieses gefällte Eiweiss ist die Schnelligkeit, mit welcher dasselbe bei Handwärme durch Pepsin und Salzsäure verflüssigt wird. Im Brütofen wird es in wenigen Stunden vollständig verdaut, so dass kaum Vorstufen der Peptone mehr nachzuweisen sind.

Das gut ausgewaschene Ei-Caseïn löst sich mit grösster Leichtigkeit in verdünntem Ammoniak auf. Ist jedoch noch H_2O_2 zugegen, so löst sich nur wenig des Niederschlags auf, die Hauptmasse verwandelt sich in eine durchsichtige schleimige Gallerte, welche auch in kochendem Wasser sich zunächst nicht auflöst. Im frischen Zustande wird dieser Schleim durch Aetznatron langsam aufgelöst, ebenso wird der frische Schleim noch ziemlich gut durch Pepsin und Salzsäure verdaut.

Eingetrocknet bildet der Schleim eine durchsichtige, farblose oder gelbliche hornähnliche Masse, die in Aetzalkalien langsam aufquillt und sich später löst, durch Pepsin und Salzsäure aber nicht mehr verdaut wird. Der frische Schleim hat die Eigenschaft, Anilinfarbstoffe auf sich niederzuschlagen, hingegen durch Carmin kaum gefärbt zu werden. Haematoxylin färbt ihn selbst in saurer Lösung tief blauviolett, ebenso verhält sich das Eicaseïn.

---

[1] *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft.* Bd. XIX. S. 3207.
[2] *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft.* Bd. XX. S. 264. Oder a. a. O.

Die angeführte Beobachtung des Ueberganges des Eiweiss zuerst in einen Caseïn ähnlichen, dann in einen schleimigen Körper, welcher hornähnlich austrocknet, durch Substanzen, wie dieselben in den Hautsecreten nachgewiesen sind, schliesst sich an Erfahrungen an, welche Wissenschaft und Technik längst gemacht haben, dass nämlich Eiweisskörper und auch der Leim durch Oxydationsmittel besonders durch chromsaures Kali im Sonnenlichte in einen in Wasser unlöslichen Zustand übergeführt werden. Ob die langsame Verschleimung und Verhornung in den Zellen durch einen ähnlichen Process vor sich geht, können meine Versuche jetzt noch nicht beantworten, da ich nur mit einem relativ einfachen Spaltungsproduct des Protoplasma's gearbeitet habe, ist jedoch nicht so unwahrscheinlich, da alle Körper, die ich im Reagensglase zur Bildung des hornartigen Körpers verwandt habe, in der Haut nachgewiesen sind. Jedenfalls tritt die neue Schleim- oder Hornsubstanz bei den Härtungsmethoden der Histologen auf und spielt wohl dort eine bedeutende Rolle, da ja Oxydationsmittel beim Härten der mikroskopischen Praeparate vielfach benützt werden.

b. Das Verhalten des salpetrigsauren Natrons zum Hühnereiweiss und zum Farbstoff des Blutes.

Versetzt man Hühnereiweiss mit einer $^1/_2$ bis einprocentigen Lösung von Natriumnitrit, so tritt keinerlei Reaction ein. Nach wochenlangem Stehen auch bei 37^0 C. lässt sich das salpetrigsaure Salz noch nachweisen, auch das Hühnereiweiss ist unverändert vorhanden, es gerinnt noch bei der richtigen Temperatur, und das durch Erhitzen gewonnene Eiweiss wird durch Pepsin und Salzsäure im Brütofen rasch verdaut.

Versetzt man jedoch die Lösung von Eiweiss und Nitrit mit einigen Tropfen Milchsäure, so entsteht schnell eine gelbe Färbung, dann eine Gerinnung. Im Brütofen wird bei Luftzutritt der schwefelgelbe Niederschlag und ebenso die gelbe Flüssigkeit bald dunkler. Abfiltrirt hinterbleibt ein dunkelgelber oder orangefarbener Körper, der beim Eintrocknen an der Luft zuerst rothorange, dann nach einigen Tagen fuchsroth wird, und lebhaft an das intensiv rothe Haar erinnert. Der rothe Eiweisskörper ist nur noch theilweise durch Verdauung in Lösung zu bringen, es hinterbleibt eine rostfarbige Substanz, die eisenfrei ist, und sich als unlöslich in Alkohol, Aether und Chloroform erweist.

Diese Bildung eines rothgelben Körpers aus Eiweiss und salpetriger Säure füllt nun zu meiner Befriedigung eine Lücke in meinen bisherigen Studien über die Hautverhältnisse aus.

Ich habe schon früher kurz angeführt, dass frisches Blut oder der geronnene Blutkuchen Wasserstoffsuperoxyd nicht mehr spontan zersetzt, wenn das Blut mit Essigsäure oder Milchsäure angesäuert wurde. Der Blutfarbstoff geht hierbei in einen braunschwarzen Körper über, der unter dem Einflusse des Wasserstoffsuperoxyds alle Schattirungen durchmacht, die wir an blondem und braunem Haare zu sehen gewohnt sind, bis bei Anwendung von genügenden Mengen von H_2O_2 eine weissliche Masse zurückbleibt. Hierbei wurde von mir das Auftreten einer rothen oder schwefelgelben Färbung nicht beobachtet.

Diese Entfärbung durch H_2O_2 theilt also der Blutfarbstoff mit dem menschlichen und dem thierischen Haare, denn gerade dieser Eigenschaft des H_2O_2, auf Haare und Straussenfedern bleichend einzuwirken, verdanken wir es, dass das-

selbe Handelsproduct geworden. Mc Munn[1] hat durch Behandeln des Haematins mit H_2O_2 in saurer alkoholischer Lösung Urobilin erhalten.

Natriumnitrit wirkt in alkalischer Lösung auf Blut kaum ein, in schwach saurer Lösung entsteht bald eine tief schwarze Färbung; die Flüssigkeit trocknet zu einer tief schwarzen Masse ein. Durch Verdauung hellt sich das Schwarz auf, durch H_2O_2 wird dasselbe zuerst rothbraun, dann zu einem schmutzigen Gelb entfärbt, es zeigt also der Blutfarbstoff, der mit salpetriger Säure behandelt wurde, dasselbe Verhalten wie das schwarze Haar, welches durch Bleichen zuerst roth wird.

Ich habe durch vielfach wiederholte Versuche festgestellt, dass männliche blonde und braune Individuen das Tetramethylparaphenylendiaminpapier am leichtesten bläuen, welche Reaction ich auf neutrales H_2O_2 beziehen muss, sowie dass schwarze und röthliche Individuen. sowie die blonden weiblichen Wesen mein Reagenspapier meistens entfärben durch weitere Oxydation, welche Reaction entweder für H_2O_2 in salzsaurer Lösung oder für salpetrige Säure spricht.[2] Da, wie oben bemerkt, wasserstoffsuperoxydhaltiger Speichel, Ammoniak momentan in salpetrigsaures Salz überführt, und da die Reaction der das Tetrapapier entfärbenden Haut, welche eintritt, wenn die Blutgefässe der Haut durch Alkohol oder in krankhaften Zuständen, oder bei gewissem Schweiss erweitert sind, ebenso verläuft, wie die Reaction der salpetrigen Säure auf das Dipapier, so kann ich mich der Ansicht nicht mehr erwehren, dass unter gewissen Umständen auch in der Haut und zwar bei Anwesenheit von H_2O_2 und Ammoniak in saurer Lösung, welches Ammoniak wohl die erweiterten Blutgefässe liefern dürften, eine Nitritbildung anzunehmen sei. Dies wird bestätigt durch das Verhalten der Griess'schen Reagentien gegen solchen Schweiss, — dieselben geben — aber erst nach einiger Zeit — eine Reaction auf salpetrige Säure.

Es steht mir natürlich ferne, jetzt schon mit Bestimmtheit angeben zu wollen, dass das Blond, Schwarzbraun und das Weiss der Haare auf dieselbe Art und Weise entstehen, wie die weissen, blonden und braunschwarzen Schattirungen, welche das Wasserstoffsuperoxyd und die Milchsäure mit dem Blutfarbstoffe erzeugen, oder dass das Roth und das tiefe Schwarz der Haare wirklich durch Einwirkung der salpetrigen Säure auf Eiweiss und Blutfarbstoff entstehen, jedoch halte ich es für nöthig, schon jetzt auf die von mir gemachten Beobachtungen hinzuweisen, da die Arbeit eines Einzelnen auf diesem schwierigen Gebiete uns kaum vorwärts bringen dürfte.

Entsteht das Blond und Braunschwarz durch Einwirkung von H_2O_2 auf Blutfarbstoff, das Roth und das tiefe Schwarz durch Einwirkung der salpetrigen Säure, und zwar auf Eiweiss das Roth, auf Blutfaserstoff das Schwarz, so muss die vervielfältigte Beobachtung oder eine statistische Untersuchung den regelmässigen Zusammenhang von Blond mit Brünett, von Roth mit Tiefschwarz bestätigen können. Ich sehe täglich, dass bei Individuen mit schwarzen Haaren zuweilen rothe Haare dazwischen auftreten, und ich beobachtete sehr oft, dass in Familien mit tiefschwarzen männlichen Kindern, die weiblichen fuchsrothe Haare besitzen. Auch bei ganz entschieden blonden Menschen treten dunklere,

[1] *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft.* Bd. XIV. S. 1213.

[2] Das Tetramethylparaphenylendiaminpapier, wie es von Dr. Schuchardt in Görlitz geliefert wird, ist zu Entfärbungsversuchen etwas zu stark mit Base getränkt. Da die Entfärbung sieben Atome Sauerstoff verlangt, die Reaction eine quantitative ist, so muss das Papier durch Auswaschen in Wasser etwas schwächer gemacht werden.

bis braunschwarze Haare einzeln auf. Ich vermuthe, dass folgende Beziehungen bestehen:

Blond, viel H_2O_2, neutral und sauer.
Braunschwarz, wenig H_2O_2, sauer.
Tiefschwarz, wenig salpetrige Säure, sauer.
Roth, viel salpetrige Säure, sauer.
Grau, noch pigmenthaltiges Haar durch Luft grau erscheinend, diese Luftentwickelung bedingt durch Wasserstoffhyperoxyd, welches im Haare freien Sauerstoff entwickelt.

Da meine Papiere nur an wenig Stellen der Haut dauernd gefärbt werden, wie an den Fingerbeeren, der Stirne und der Wange, an anderen Körperstellen entweder keine Reaction zeigen oder durch weitere Oxydation entfärbt werden, so wird es durch Haarstudien im Verein mit den Reactionen auf meine Papiere vielleicht gelingen, regelmässige Beziehungen zwischen der Färbung der Haare und den Umständen, welche durch die Verschiedenheit des Baues der Haut an den verschiedenen Körpertheilen bedingt werden, etwas näher einzudringen.

Versetzt man eine Lösung von Hühnereiweiss mit salpetrigsaurem Natron und milchsaurem oder essigsaurem Ammoniak, so entsteht beim Verdunsten der Lösung bei 20^0-24^0 C. nur ein farbloser Syrup. Bei 30^0-40^0 hingegen wird aus dem Ammoniaksalze das Ammoniak frei, die zurückbleibende Milchsäure oder Essigsäure zersetzt das Nitrit und es tritt die Bildung der gelben und orangen Farbstoffe aus dem Hühnereiweiss ein. Erhitzt man auf etwa 60^0 C., so entsteht ein schmutziges Violet, dann eine braune Masse, oberhalb 70^0 C. hingegen schwarzbraune Körper. Es können demnach auch die Ammoniaksalze organischer Säuren durch Verdunstung des Ammoniaks bei höherer Temperatur in Gegenwart von salpetrigsauren Salzen zu einer Farbstoffbildung aus dem Hühnereiweiss Veranlassung geben. In welcher Beziehung die Pigmentbildung der Haut unter dem Einflusse der Sonnenstrahlen auf einen ähnlichen Process wie die Bildung der gelben, orangerothen, rothbraunen und schwarzbraunen Massen durch Einwirkung langsam frei werdender salpetriger Säure auf Hühnereiweiss, zurückzuführen sei, wird nur ein eingehendes Studium der Hautzustände von möglichst vielen Beobachtern zu entscheiden im Stande sein.

Die Anregung zu derartigen Beobachtungen von anderer Seite soll meine Publication hauptsächlich bezwecken.

XII. Sitzung am 29. April 1887.[1]

1. Hr. ONODI aus Budapest (a. G.) hielt den angekündigten Vortrag: „Neurologische Mittheilungen“.

Den Gegenstand meiner Untersuchungen bildeten fast ausschliesslich das Ganglion ciliare und die Vagusgruppe an Selachiern; die vorzulegenden Resultate gewann ich während eines zweimaligen Aufenthaltes an der zoologischen Station zu Neapel.

---

[1] Ausgegeben am 6. Mai 1887.

Was das Ganglion ciliare zunächt betrifft, so wurde meine Aufmerksamkeit darauf durch die Arbeit Schwalbe's über das Ganglion oculomotorii gerichtet und insbesondere durch die Streitfrage, ob das Ganglion ciliare einem spinalen oder einem sympathischen Ganglion homolog sei. Bei dieser Gelegenheit war ich bemüht auch andere Thiere zu untersuchen und das Verhalten der verschiedenen Verbindungen des Ganglion ciliare zu prüfen.

Wie bekannt, war es Schwalbe, der die allgemein verbreitete alte Ansicht, dass das Ganglion ciliare, ein sympathisch peripheres Kopf-Ganglion sei, zu stürzen versuchte; und bemühte er sich den Beweis zu liefern fast in allen Vertebratenclassen, dass das Ganglion ciliare in engerem Zusammenhang mit dem Oculomotorius stehe und eigentlich sein Stammganglion bildet, daher sein neuer Name Ganglion oculomotorii. In der ganzen Arbeit prägt sich deutlich das eifrige Bestreben aus, diesen Grundsatz durchzuführen.

Ich habe ausser den Haien und Knochenfischen auch Säugethiere untersucht und bin zur Ueberzeugung gekommen, dass die Verbindung zwischen Ganglion ciliare und dem Trigeminus eine viel engere ist, als sie von Schwalbe zu Gunsten seines Satzes behauptet wurde. Die Verbindung kann die normale sein, oder zwischen den Ciliarnerven oder in der Gestalt einer sogenannten rückläufigen Wurzel auftreten. Eine höchst interessante Beobachtung will ich erwähnen, welche die enge Verbindung des Ganglion ciliare mit dem Trigeminus illustriren soll. Nämlich an einem Muflonschaf war die Verbindung in einer aussergewöhnlichen Form hergestellt, durch einen Zweig des zweiten Trigeminusastes.

Bei den Selachiern hat ebenso Schwalbe wie Stannius das makroskopisch sichtbare Ganglion ciliare vermisst und Schwalbe die in der Bahn, für den Musculus obliquus inferior bestimmten Oculomotoriuszweiges befindlichen Ganglienzellgruppen als Ganglion oculomotorii beschrieben. Ich habe an der zoologischen Station zu Neapel die folgenden Selachier untersucht: Carcharias menisorrha, Carcharias glaucus und Carcharias lamia. Galeus vulgaris. Mustelus laevis. Lamna cornubica. Alopia vulpes. Hexanchus griseus. Heptanchus cinereus. Scyllium catulus. Scyllium canicula. Pristiurus melanostomus. Acanthias vulgaris. Centrophorus granulosus. Squatina angelus. Scymnus lichia. Rhinobates columna. Torpedo marmorata. Torpedo ocellata. Raja asterias. Dasybatis clavata. Laeviraja oxyrhynchus. Trygon violacea. Trygon pastinaca. Myliobatis aquila. Unter diesen erwähnten Thierexemplaren habe ich bloss an dreien das makroskopisch ausgebildete Ganglion ciliare finden können. Ich habe die Untersuchungen in einer sehr einfachen Weise ausgeführt, nämlich nach der Entfernung des Unterkiefers und der unteren Wand der Augenhöhle lag deren ganzer Inhalt von der ventralen Seite ganz frei, und ich konnte mit Leichtigkeit und Sicherheit mit oder ohne Osmiumsäurebehandlung die Verhältnisse des Ganglion ciliare untersuchen.

Bei ausgewachsenen Exemplaren des Mustellus laevis kann man schon mit freiem Auge ohne besondere Praeparation das ungleich entwickelte Ganglion ciliare sehen. In einem Falle nahm das vollständig isolirte Ganglion von dem für den M. obliquus inferior bestimmten Oculomotoriuszweig zwei Wurzeln auf und nach vorne gab es einen starken Ciliarnerven ab. In einem anderen Falle hing das isolirte Ganglion ciliare durch eine 3 mm lange Wurzel mit dem Oculomotoriusstamm zusammen. An einigen Mustelusexemplaren habe ich das Ganglion ciliare in der Oculomotoriusbahn angetroffen, an der Stelle, von welcher die Ciliarnerven abgingen. In anderen Fällen hat sich der grösste Theil der Ganglions

aus dem Oculomotorius hervorgewölbt. An einem mit Ueberosmiumsäure behandelten Mustelusexemplar waren zwei isolirte Ganglien gut zu sehen, das grössere war durch zwei Wurzeln mit dem zum Obliquus inferior ziehenden Oculomotoriusast verbunden; die zwei Ganglien standen durch zwei kurze Aeste in Zusammenhang, und jedes Ganglion sandte ausser den nach vorne ziehenden Ciliarnerven je einen Ast nach rückwärts zur Ophthalmica.

An mit Ueberosmiumsäure behandelten Galeusexemplaren ist das ausgesprochene Ganglion ciliare gut zu sehen. Manchmal findet man auch zwei also getheilte Ganglien. Es ist überraschend, dass diese Ganglien drei Nervenäste nach rückwärts abgeben, welche sich allmählich verästeln, um ein feines weitmaschiges Geflecht zu bilden für die grossen Gefässstämme.

An einem grossem Exemplare eines Carcharias glaucus war das gut entwickelte Ganglion (2 ^{mm} lang, 1 ^{mm} breit) an der Seite des schon erwähnten Oculomotoriusastes anzutreffen. Das Ganglion gab nach vorne die Ciliarnerven, nach hinten einen Ast zur Ophthalmica.

An einem ebenfalls grossen Exemplare eines Carcharias menisorrha war das Ganglion schon in der Oculomotorius-Bahn eingeschlossen. Mit der verdickten Oculomotoriusstelle, d. h. mit dem Ganglion ciliare, stand der Ramus ophthalmicus profundus durch einen Zweig in Verbindung.

Wir wollen versuchen, eine Deutung dieser erkannten Thatsachen zu geben. Ich muss aber vorausschicken, was doch wohl bekannt, dass der morphologische Boden nicht gerade fest ist, um diese höchst schwierigen Fragen endgiltig klar legen zu können. Der Hauptgedanke Schwalbe's war, die Homologie des Ciliarganglions mit einem Spinalganglion aufzustellen. Schwalbe hat aber nur eine Ganglienzellengruppe gefunden in der Oculomotoriusbahn, die er als Ganglion oculomotorii beschrieb. Wie ich eben gezeigt habe, existirt noch ein zweites ausgebildetes Ganglion ausser der Bahn des Oculomotorius, das bis jetzt unbekannt war. Und ausser diesen zweien ist noch ein drittes Ganglion vorhanden, welches van Wijhe auf embryologischem und ich auf makroskopischem Wege gefunden habe, und das ist das gut entwickelte Ganglion des N. ophthalmicus profundus. Nach Schwalbe ist das Ganglion oculomotorii ein Spinalganglion und gleichwerthig dem Ganglion ciliare der höheren Thiere, von van Wijhe ist das Ganglion ciliare mit dem Ganglion des R. ophthalmicus profundus verglichen worden. Krause sucht die Erklärung zu geben des Ganglion ciliare und der Ganglienzellengruppen des Oculomotorius bei höheren Thieren. Nach ihm konnte man daher das Schwalbe'sche Ganglion im Gegensatz zum Ganglion ciliare bezeichnen. Letzteres wäre bei den Säugern das letzte sympathische Grenzganglion am Kopfe. Das Oculomotoriusganglion hingegen würde einer ursprünglich sensiblen (dorsalen) Wurzel des N. oculomotorius angehören, die aber bei den Säugern verkümmerte und beim Menschen ihre Spur kaum in wenigen, nach Rosenthal und Reissner im Stamm des Oculomotorius vorkommenden, Ganglienzellen verriethe. Das Ganglion ciliare und das Oculom. ganglion wären einander keineswegs homolog, letzteres repraesentirte ein den Spinalganglien homologes Wurzelganglion des Oculomotorius und würde bei niederen Wirbelthieren persistiren, während das eigentliche oder sympathische Ganglion ciliare daselbst fehlte. Ich versuchte diese drei verschiedenartig gedeuteten Ganglien auf Einen Ursprung zurückzuführen und nach meiner Meinung eine natürliche Erklärung zu geben.

Die schwierige Frage der Augenmuskelnerven ist nicht gelöst, wir besitzen

eine Zahl widersprechender Angaben, und die Untersuchungen können über viele wesentliche Punkte keinen Aufschluss geben. Die Angaben von Remak, His, Marshall, Kölliker, Balfour, van Wijhe und Anderen stehen theils unbestätigt, theils widersprechend da. Ich will mich bei dieser Gelegenheit ganz fern halten, diese Angaben zum Gegenstand einer weiteren Ausführung zu machen. Ich mache den Versuch, eine plausible Deutung zu geben auf Grund meiner makroskopischen Untersuchungen und zugleich meiner früheren embryologischen Erforschung des sympathischen Nervensystems.

Auf Grund unserer Untersuchungon konnten wir uns bei der Selachiern von der Entwickelung des sympathischen Nervensystems ein vollständiges Bild verschaffen, wir kannten den ersten Moment der Entwickelung und konnten dieselbe bis zum Aufbau und der Bildung des sympathischen Grenzstranges und der grösseren peripherischen sympathischen Ganglien und Aeste verfolgen. Einem Zellenproliferationsvorgang, welcher am distalen Ende des Intervertebralganglions auftritt, verdankt das sympathische Ganglion seine Entstehung. Die abgeschnürten, segmental angeordneten isolirten sympathischen Ganglien treten sodann in Folge eines lebhaften Zellenproliferationsvorganges in sagittaler Richtung mit einander in Berührung, und werden so durch Längscommissuren mit einander verbunden. Aus dem sympathischen Grenzstrang, wie auch noch vor der Bildung desselben aus den sympathischen Ganglien entwickeln sich anfangs glangliöse, später faserige peripherische Aeste, aus denen durch Abschnürung grössere peripherische Ganglien sich entwickeln. Bei den Selachiern entwickelt sich das sympathische Nervensystem in der obenerwähnten Weise, nur dem Rumpfe des Embryo's entsprechend, am Kopftheile und zwar im vordersten Theile begegnen wir weiter vorgeschobenen peripherischen Ganglien, so dem Ganglion ciliare, hinsichtlich dessen morphologischer Bedeutung, wie erwähnt, die Ansichten noch getheilt und unentschieden sind. Wir können indess doch schon hier bemerken, dass entsprechend unseren Untersuchungen und unserem daraus resultirenden Standpunkte wir allen im Gebiete des Rumpfes vorkommenden grösseren peripherischen Ganglien einen durchaus sympathischen Charakter beilegen, daher wir auch das Ganglion ciliare den peripherischen sympathischen Ganglien einreihen müssen.

Und da wir gesehen haben, dass der Entwickelungsprocess des Sympathicus sich nur auf den Rumpf erstreckt, so ergiebt es sich uns als natürliche Consequenz, dass wir in den isolirten Ganglien der den spinalen Nerven homologen Kiemenäste nicht nur spinale Ganglien, sondern die Summe der spinalen und der denselben entsprechenden sympathischen Ganglien erkennen müssen.

Was nun die oben erwähnten, theilweise unbekannten, theilweise streitigen Ganglien anbetrifft, muss ich hervorheben, dass nach unseren bisherigen Kenntnissen der morphologische Boden allerdings noch nicht genug sicher und fest war, um den spinalartigen selbständigen Charakter der Augenmuskelnerven und deren Ganglien feststellen zu können.

Ich habe den Trigeminus beim Mustelus laevis sorgfältig untersucht und sowohl in den Wurzeln ansehnliche Ganglienmasse angetroffen, als auch in den Stämmen der drei Aeste. Ich habe ausserdem an der Abgangsstelle des Nerv. ophthalmicus prof. ein makroskopisch gut sichtbares, kleines rundes Ganglion beobachtet, ebenso ein kleines an der Abgangsstelle eines Verbindungszweiges zwischen der vorderen Wurzel und des N. ophthalmicus superficialis. Ich muss bemerken, dass ich diese kleinen Ganglien als sympathische betrachte, auf Grund

meiner vorerwähnten Untersuchungen, und kann es nicht wie van Wijhe als Spinalganglion und Ganglion ciliare betrachten. Aus meinem Standpunkt folgt, dass ich auch jener peripher gelegenen Ganglienzellengruppe, welche Schwalbe als Spinalganglion und Ganglion oculomotorii beschrieben hat, ebenfalls einen sympathischen Charakter beilege, wie auch jenem isolirten Ganglion, welches ich beim Mustelus und Galeus fand. Dass Ganglien in rein motorischen Wurzeln, wie es auch hier der Fall ist, vorkommen können, und zwar durch Abschnürung vom Spinalganglion habe ich in einem Aufsatz, über die Ganglienzellengruppen der vorderen und hinteren Nervenwurzeln, gezeigt. Und dass weiterhin ein sehr enges Verhältniss zwischen vorderer Wurzel und Sympathicusganglion besteht, ist wohl bekannt. Es fehlen uns leider die praecisen Beobachtungen über die Abstammung, die erste Entwickelungsform dieser streitigen Ganglien; ich meinerseits gebe meiner festen Ueberzeugung Ausdruck, wenn ich aus den erkannten Thatsachen auf den sympathischen Charakter der erwähnten Ganglien schliesse. Ich halte das Ganglion oculomotorii und das von mir beobachtete isolirte Ganglion als wesentlich eines. Dafür spricht die gleichwerthige Natur derselben, die Thatsache, dass sie bei den in grosser Zahl untersuchten Thieren nur in einigen Fällen zu finden waren. Die beschriebenen Uebergangsformen, vom isolirten Ganglion bis zur vollständigen Einschliessung in der Bahn des Oculomotorius und weiterhin das beim Galeus mit Osmiumsäurebehandlung gefundene weitmaschige, vom Ganglion ciliare ausgehende und die grossen Gefässstämme bedeckende Geflecht, und auch die gefundenen getheilten Ganglien sind wichtige, beweiskräftige Befunde für die sympathische Natur dieser Ganglien. Ich muss besonders grosses Gewicht auf diese gefundenen Thatsachen, namentlich auf das Geflecht legen, denn ich konnte, während meiner langen Studien über den Sympathicus, keine Spur vom Kopfsympathicus bei den Haien erkennen. Wie ich erwähnt habe, hört die Entwickelung der selbständigen Sympathicusganglien von selbst auf, und daher erkannte ich in den isolirten Wurzelganglien der Kiemenäste bei Mustelus und Myliobatis auch den Kopfsympathicus, dessen Ganglien sich nicht abgeschnürt hatten und an ihrem Entstehungsort blieben. In den bezeichneten Ganglien im Trigeminusgebiete, in dem so schön entwickelten Gefässgeflecht erkenne ich die makroskopische Form des Kopfsympathicus bei den Selachiern und daher bei den Vertebraten.

Was die Vagusgruppe betrifft, so will ich mich kurz halten, da die Befunde unbekannt sind, und die Forschung der Selachiermorphologie noch vieles in's Reine zu bringen hat. Ich habe die oben erwähnten 25 Selachierspecies in Neapel untersucht. Ich legte bei meinen Untersuchungen auf das Vorhandensein und die Bestimmung der sogenannten vorderen Vaguswurzeln grosses Gewicht, weiterhin auf das Verhältniss zwischen den Ramus intestinalis vagi und den oberen Spinalnerven. Es ist wohl bekannt, dass Gegenbaur am Hexanchuskopfe meisterhaft den Satz aufstellte, dass der Vagus einem Complexe mehrerer Spinalnerven entspreche und die Kiemennerven wahren Spinalnerven homolog sind. Dies wurde im Grossen und Ganzen bestätigt. Ich kann zur Bestärkung dieses Grundsatzes noch hinzufügen, dass es mir am schönsten gelungen ist, bei Mustelus laevis und bei Myliobatis die scharf umschriebenen, länglich ovalen Ganglien der einzelnen Kiemennerven ausserhalb des Knorpelschädels makroskopisch darzustellen. Diese Thatsache, indem sie einerseits die

Selbständigkeit der Kiemenäste und die angenommene Homologie bekräftigt, zieht andererseits eine andere, schon erwähnte, unserem Standpunkte entsprechende Auffassung der Ganglien nach sich. Nämlich ich erkenne in den isolirten Ganglien der den spinalen Nerven homologen Kiemenäste nicht nur spinale Ganglien, sondern die Summe der spinalen und der denselben entsprechenden sympathischen Ganglien. Charakterisirt ist die oberste Vaguswurzel, welche bisher nicht genau berücksichtigt wurde, welche im Gebiete des Glossopharyngeus hinter demselben entspringt und sich hinter die übrigen Vaguswurzeln begiebt, so dass sie sich zu diesen in einer ausgesprochenen dorsalen Lage befindet. Bei Myliobatis und Mustelus liefert diese oberste Wurzel, welche jedoch kein makroskopisch sichtbares, sondern ein zwischen ihre Nervenfasern eingesprengtes Ganglion besitzt, den Ramus lateralis und den Ramus intestinalis N. vagi. Ich kann mich nicht weiter einlassen in die Erklärung dieser sehr interessanten Wurzelverhältnisse, da nach dem Stand unserer jetzigen Kenntnisse weitere anatomische und embryologische Untersuchungen unbedingt als nothwendig erscheinen. Wie bekannt, hatte Gegenbaur bei dem Aufstellen seines erwähnten Grundsatzes auch die von ihm beim Hexanchus beschriebenen vorderen Vaguswurzeln betheiligt. Er brachte sie in directen Zusammenhang mit dem Vagus, nannte sie daher vordere Vaguswurzeln, um den spinalartigen Bau des Vagus sicher feststellen zu können. Ich habe mir während eines zweimaligen Aufenthaltes in Neapel besondere Mühe gegeben, um den Charakter, die Bestimmung dieser Wurzeln erforschen zu können. Ich habe bei dieser Gelegenheit unter den erwähnten Fischen nur an drei, und zwar an den Exemplaren des Hexanchus, Heptanchus und Lamna cornubica in dem Gebiete des N. vagus vordere oder ventrale Wurzeln gefunden. Bei Lamna cornubica war nur ein Wurzelpaar vorhanden, welches sich mit dem folgenden Spinalnerven verband. Beim Hexanchus fand ich sie so, wie sie von Gegenbaur beschrieben wurden, dieselben Verhältnisse fand ich beim Heptanchus cinereus auch, welche meines Wissens bisher unbekannt waren. Es ist mir gelungen, festzustellen, dass diese sogenannte vorderen Vaguswurzeln mit dem Vagus nichts zu thun haben, sie verbinden sich mit oberen Spinalnerven und haben ihr bestimmtes Innervirungsgebiet. Ich konnte genau verfolgen, dass die Wurzelpaare beim Heptanchus sich zu einem Stamme vereinigten, welcher sich den oberen vier Spinalnerven anschloss und einen Verbindungszweig vom fünften annahm; dieser Nervenstamm ging zur ventralen Längsmusculatur, zum M. coracomandibularis und M. coracohyoideus. Derselbe Stamm, welcher bei Lamna cornubica zur ventralen Längsmusculatur sich begiebt, besteht aus einer ventralen Wurzel und den acht oberen Spinalnerven. Da ich das Schicksal dieser im Vagusgebiete entstehenden vorderen Wurzeln nachzuweisen vermochte, so erscheint die Bezeichnung „vordere Vaguswurzeln“ als haltlos. Diesen Punkt werde ich demnächst berühren. Es sind höchst interessant jene Verhältnisse, welche ich zwischen dem Ramus intestinales N. vagi und den oberen Spinalnerven gefunden habe; bei drei Fischen und zwar bei Scyllium catulus und canicula sowie bei Acanthias habe ich bei Nichtvorhandensein der vorderen Wurzeln eine sehr innige Verbindung zwischen den soeben erwähnten Nerven beobachtet. Die vier oder fünf oberen Spinalnerven bilden, vom Vagus ein oder zwei Bündel aufnehmend, einen gemeinsamen Stamm, dessen Bestimmung die Innervation der ventralen Längsmusculatur ist. Wie wir gesehen haben, wird der die ventrale Längsmusculatur versehende Stamm aus einer verschiedenen Anzahl von oberen Spinalnerven gebildet. So in vollem Gegen-

satze mit den Daten Vetter's, und das will ich besonders hervorheben, wonach der vereinigte erste und zweite Spinalnerv die ventrale Längsmusculatur versorgt, finde ich bei Hexanchus und Heptanchus drei vordere Wurzeln und die oberen Spinalnerven, bei Lama cornubica eine vordere Wurzel und die acht oberen Spinalnerven, bei Scyllium catulus einen Zweig des Ramus intestinalis n. vagi und die fünf oberen Spinalnerven, bei Scyllium canicula einen Zweig des R. intestinalis n. vagi und die drei oberen Spinalnerven, bei Acanthias einen Zweig des R. intestinalis n. vagi und die fünf oberen Spinalnerven, und endlich bei Carcharias glaucus die oberen elf Spinalnerven, welche den zur Innervirung der ventralen Längsmusculatur bestimmten Nervenstamm bilden.

Wie wir gesehen haben, lassen sich unter den untersuchten 25 Selachierspecies drei Gruppen aufstellen; in der ersten wird der wichtige Nervenstamm mit vorderen Wurzeln, in der zweiten mit Vaguselementen, in der dritten ohne dieselbe nur bloss durch die oberen Spinalnerven gebildet. Ich muss gestehen, da unsere Kenntnisse so sehr mangeln, die bisherigen anatomischen und embryologischen Untersuchungen so sehr lückenhaft sind, dass ich auf die Bedeutung dieser neuerkannten Thatsachen kein besonderes Licht werfen kann; ich kann die Deutung nicht geben, warum nur bei einigen Species die vorderen Wurzeln vorhanden sind, warum wir nur bei dreien die Verbindung zwischen Vagus und oberen Spinalnerven antreffen, und warum so enorm die Zahl der Componenten des die ventralen Längsmuskeln versehenden Nervenstammes differirt. Die Erklärung dieser Thatsachen muss späteren Forschungen vorbehalten bleiben.

Ich erlaube mir, meiner Meinung in einigen Worten Ausdruck zu geben. Ich erkenne in dem zur ventralen Längsmusculatur ziehenden Nervenstamm die Elemente des N. hypoglossus bei den Selachiern, er scheidet sich makroskopisch aus bei einigen Species, wie Hexanchus und Heptanchus in Form vorderer Wurzelpaare, die ich als Hypoglossuswurzel bezeichnen will, bei den anderen Species ist der Hypoglossus durch den oberen Spinalnerven vertreten. In jenen Fällen, wo der Vagus in Verbindung tritt mit diesem Hypoglossusstamm, will ich die Urform der bei den höheren Vertebraten so ausgeprägten innigen Verbindung des Vagus accessorius und hypoglossus erblicken.

Zum Schluss muss ich es lebhaft bedauernd erwähnen, dass ich mich mit diesen wichtigen Themata nicht mehr befassen kann, da meine Thätigkeit eine ganz andere Richtung angenommen hat. Es liegt in der schwierigen und verwickelten Natur der Frage und der erkannten Thatsachen, dass meine zweimalige Excursion nach Neapel zur endgiltigen Klarstellung nicht führen konnte. Ich wollte mit meinen Mittheilungen erzielen, dass die Aufmerksamkeit der berufenen Fachmänner auf diese höchst wichtigen und schwierigen Fragen gelenkt und die weitere Ausführung angeregt werde.

XIV. Sitzung am 27. Mai 1887.[1]

1. Hr. Gad hielt den angekündigten Vortrag: „Ueber die Reactionszeit für Erregung und für Hemmung." (Nach Versuchen des Hrn. Dr. Orschansky.)

---

[1] Ausgegeben am 4. Juni 1887.

Die Erregungswellen, welche im Centralnervensystem ablaufen, können dadurch, dass sie zu Muskelerregungen Veranlassung geben, nach aussen wirkend in die Erscheinung treten, ihre Wirkung kann aber auch darin aufgehen, dass durch sie eine schon bestehende Muskelerregung aufgehoben oder eine den sonstigen Bedingungen nach zu erwartende hintangehalten wird. Zur ersteren Kategorie centraler Hemmungswirkungen gehört die Lösung experimentell erzeugter Contracturen von Extremitätenmuskeln morphinisirter Hunde, welche Heidenhain unter Anderem durch Hirnrindenreizung herbeiführen konnte,[1] sowie die willkürliche Lösung unbewusst unterhaltener Muskelspannungen beim Menschen auf welche Heidenhain aufmerksam gemacht hat;[2] die der letzteren Kategorie einzuordnenden Erscheinungen sind allgemeiner bekannt, es gehören hierher die zuerst von Setschenow studirten Verlängerungen der Reflexzeiten beim Frosch durch Reizung der Lobi optici, ferner die reflectorischen und willkürlichen Athembewegungen und die willkürlichen Hemmungen der Reflexbewegungen.

Am durchsichtigsten ist der Sachverhalt bei den reflectorischen Athmungshemmungen. Bei einem chloralisirten Kaninchen verläuft die Athmung mit maschinenmässiger Regelmässigkeit. In dem Athemcentrum der Medulla oblongata entstehen durch den Blutreiz (autochthon) sogenannte „automatische“ Erregungen, welche zu einer ganz regelmässigen Abwechselung von Ein- und Ausathmung führen. Durch Erregung gewisser peripherischer Nervenendigungen, z. B. durch Reizung der Trigeminusendigungen in der Nasenschleimhaut mittels Ammoniaks, kann die Athmung plötzlich zum Stillstand in Exspiration gebracht werden. Es war die Vermuthung ausgesprochen worden, dass dieser Stillstand durch reflectorischen Tetanus der Exspiration bedingt sei. Dem gegenüber habe ich in Gemeinschaft mit C. Wegele gezeigt,[3] dass eine reflectorische Hemmung inspiratorischer Erregung hieran wenigstens betheiligt ist, denn der reflectorische Athemstillstand in Exspiration tritt noch mit derselben Sicherheit ein, uachdem eine Durchtrennung des Rückenmarkes im unteren Halstheil die Exspirationsmuskeln der Einwirkung aller vom Trigeminus aus erzeugten Reflexerregungen entzogen hat. Die mit Sicherheit zu erwartende rhythmische Erregung des Inspirationscentrums bleibt also in Folge von Erregungen, die auf der Bahn des Trigeminus zugeleitet werden, entweder aus oder sie ist in Folge dieser Erregungen verhindert, sich zu den Inspirationsmuskeln fortzupflanzen. Im Falle, dass die erstere Deutung das Richtige trifft, würde es sich um eine Unterdrückung der Erregungen am Entstehungsort („genuine Hemmung“ Munk) handeln, und zwar um eine auf reflectorischem Wege erzeugte genuine Hemmung automatischer Erregung.

Ebenso klar für die unmittelbare Selbstbeobachtung, aber weniger leicht in überzeugender Weise zu demonstriren, ist der Sachverhalt bei der willkürlichen Hemmung automatisch oder reflectorisch erzeugter Erregung. Wenn man

---

[1] N. Bubnoff und R. Heidenhain, Ueber Erregungs- und Hemmungsvorgänge innerhalb der motorischen Hierncentren. Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XXVI. S. 181.

[2] R. Heidenhain, Ueber Erregung und Hemmung. Plüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XXVI. S. 555.

[3] C. Wegele, Ueber die centrale Natur reflectorischer Athmungshemmung. *Verhandlungen der physikalisch-medicinischen Gesellschaft zu Würzburg.* N. F. Bd. XVII. — J. Gad, Ueber die genuine Natur reflectorischer Athemhemmung in *diesem Archiv.* 1881. S. 566.

eine gerade im Entstehen begriffene spontane Einathmung willkürlich unterdrückt, so kann man dies zwar so thun, dass man die Erregung der Exspiratoren in demselben Maasse willkürlich anschwellen lässt, wie die Erregung der Inspiratoren automatisch sich entwickelt, so dass die gleichzeitige Erregung antagonistischer Muskelgruppen den äusseren Effect jeder einzelnen hintanhält und als Correlat centraler Erregung keine Bewegung von Skelettheilen resultirt, sondern nur vermehrte Spannung in antagonistischen Muskeln, — bei geübtester Selbstbeobachtung aber wird man, wenn man sie auf die natürliche Art willkürlicher Stillstellung der Athmung richtet, Nichts von Spannung in antagonistischen Muskelgruppen spüren, solange noch keine fühlbare Athemnoth besteht, und man wird Fick darin beistimmen, dass die unmittelbare Selbstbeobachtung lehrt, „dass die Uebertragung des vorhandenen Reizes auf die Inspiratoren im Nervensystem selbst gehemmt wird.“[1] Weniger sicher als wir die „antagonistische Hemmung“ (Munk) in diesem Falle ausschliessen können, sind wir durch innere Selbstbeobachtung zu entscheiden im Stande, ob es sich um eine „genuine Hemmung“ (Munk)[2] im strengsten Sinne des Wortes handelt, d. h. um eine Unterdrückung des Erregungszustandes an seinem Entstehungsort selbst oder ob eine Erregungswelle zwar wie gewöhnlich entsteht und erst auf ihrer Bahn zum Muskel durch Eingreifen einer interferirenden Erregung vernichtet wird, ein Vorgang, an den peripher von den Rückenmarkswurzeln kaum, central von demselben aber sehr wohl zu denken ist, und den Fick mit dem angeführten Ausdruck zu meinen scheint.

Was die willkürlichen Hemmungen von Reflexbewegungen betrifft, so sind geordneten Reflexbewegungen, wie das Niesen, Schlucken u. s. w. wegen ihrer Complicirtheit sehr wenig geeignet, um principielle Fragen an ihnen zu entscheiden. Verhältnissmässig übersichtlich liegen jedoch die Dinge bei dem Lidschluss, welcher reflectorisch auf Conjunctivalreizung zu erfolgen pflegt. Dass man diese Reflexbewegung durch centrale Hemmung unterdrücken kann, erkennt man, wenn bei Einwirkung von Ammoniakdämpfen auf das offen gehaltene Auge das untere Lid nicht nach innen zuckt, denn der epitarsale Theil des M. palpebralis ist in Bezug auf diese zum Lidschluss gehörige Bewegung antagonistenlos.[3]

So wenig wir, wie aus dem Gesagten hervorgeht, um Beweise für die Existenz centraler Hemmungen, die willkürlichen mit eingeschlossen, in Verlegenheit sind, so entbehren wir doch einer genaueren Einsicht in den Umfang der Herrschaft, welche unser Wille über centrale Hemmungen auszuüben im Stande ist. Freilich könnte es scheinen, als ob wir aus dem, was wir über die willkürlichen. schnell ausgeführten alternirenden Bewegungen (einzelnen und rhythmischen) wissen, mit denen sich J. v. Kries[4] zuletzt beschäftigt hat, Schlüsse auf die Schnelligkeit ziehen könnten, mit welcher der Wille willkürlich gesetzte Muskelerregungen zu unterbrechen vermag. Wenn man einen Finger möglichst schnell hintereinander beugt und streckt, so wird die der ersten Beugung folgende Streckung aus der Spannung der Strecker und Entspannung der Beuger resultiren, hierbei scheint jedoch die Spannung der Strecker der

---

[1] A. Fick, *Compendium der Physiologie des Menschen.* 3. Aufl. 1882. S. 294.

[2] H. Munk, Ueber Erregung und Hemmung. *Dies Archiv* 1881.

[3] Vgl. J. Gad, Eine Revision der Lehre von der Thränenableitung und den Lidbewegungen. *Dies Archiv* 1883. Suppl.-Bd. Festgabe. S. 86.

[4] J. v. Kries, Zur Kenntniss der willkürlichen Muskelthätigkeit. *Dies Archiv* 1886. Suppl.-Bd. S. 1.

Entspannung der Beuger voranzueilen, so dass wir, wie Kries richtig bemerkt, aus der Zeitdifferenz zwischen Beginn der Beugung und Beginn der Streckung nur Aufschluss über die Schnelligkeit erhalten, mit welcher wir der willkürlichen Innervation der einen Muskelgruppe die willkürliche Innervation der antagonistischen Muskelgruppe folgen lassen können. Als erstes Postulat, um in der Beantwortung der aufgeworfenen Frage vorwärts zu kommen, ergiebt sich also die Aufsuchung eines Skeletmuskels, der bei antagonistenlos erfolgender willkürlicher Spannung und Entspannung der graphischen und zeitmessenden Versuchstechnik leicht zugänglich zu machen ist. Von diesem Gesichtspunkte aus schlug ich Hrn. Dr. Orschansky, als er sich mit dem Wunsch an mich wandte, unter meiner Leitung über willkürliche centrale Hemmungen zu arbeiten, den M. masseter vor, und wir haben dann gemeinschaftlich eine Versuchstechnik für diesen Muskel — mit anerkennenswerther Unterstützung des Instituts-Mechanikers, Hrn. Pfeil — ausgebildet, die sich dem gestellten Zweck durchaus gewachsen gezeigt hat. Dieselbe wird von Hrn. Dr. Orschansky in seiner ausführlichen Publication, welche für dies Archiv bestimmt ist, genau beschrieben werden.

Führt man bei Kieferschluss, den man behufs Ausführung von Versuchsreihen zweckmässig durch Lagerung des Kinns auf einer festen Unterlage unterhält, einen Finger zwischen Wange und Backenzähnen ein, so fühlt man sehr deutlich den vorderen Rand des Masseters und nach hinten und aussen davon den vorderen Rand des aufsteigenden Kieferastes. In dem dazwischen liegenden Felde kann man den ruhenden Muskel mit der Fingerspitze stark nach aussen wölben. Bei willkürlicher Contraction des Masseters, wird die Fingerspitze sehr kräftig nach Innen gedrängt, um bei anhaltender Fingerspannung und willkürlicher Entspannung des Masseters dann wieder nach aussen zu schnellen. Wir liessen nun eine federnde Zange anfertigen, welche mit passend geformten, knopfartigen Enden ihrer hinteren Arme in die beiderseitigen freien Masseterfelder eingelagert werden kann, so dass ihre vorderen Arme bei der willkürlichen Spannung und Entspannung des Masseters Bewegungen von genügendem Umfang und genügender Kraft ausführen, um Uebertragungen für alle graphischen und zeitmessenden Zwecke mit Leichtigkeit zu gestatten. Da die beiden Insertionen des Masseters vollkommen fixirt sind — bei Aufliegen des Kinns sogar ohne jede Muskelwirkung — so sind alle Bewegungen der vorderen Zangenarme gegeneinander nur abhängig von der federnden Kraft der Zange und von dem Spannungsgrade des Masseters. Es ist dafür gesorgt, dass die Federkraft der Zange variirt werden kann, doch ist sie in jeder Versuchsreihe eine constante Grösse.

Zwischen den vorderen Armen der „Masseter-Zange“ befindet sich ausser der, dem Muskeldruck entgegenwirkenden Feder eine empfindliche Luftkapsel, welche den Verlauf der ganzen Bewegung auf einen tambour enregistreur von Marey zu übertragen bestimmt ist, und eine Contactvorrichtung, welche entweder so gestellt werden kann, dass der elektrische Contact durch die Spannung der Feder geschlossen gehalten wird, oder so dass eine dauernde Muskelcontraction den Schluss an der Contactsstelle unterhält. In ersterem Falle kann man den Moment der beginnenden Muskelcontraction durch elektrisches Signal graphisch fixiren, in letzterem den Moment der beginnenden Muskelerschlaffung. Zum Vergleich mit der durch antagonistenloses Muskelspiel ausgeführten Bewegung der Masseterzange dient die unter der Wirkung antagonistischer Muskelgruppen entstehende Bewegung des Unterkiefers gegen den Oberkiefer, welche sich in be-

kannter Weise mit Hilfe einer zwischen die Schneidezähne gesteckten federnden Klammer graphisch verfolgen lässt.

Zunächst empfahl es sich nun, mit den genannten Hilfsmitteln, am antagonistenlos spielenden Muskel, die willkürlich möglichst schnell ausgeführten rhythmisch alternirenden Spannungen und Entspannungen zu studiren und sie mit den ebenfalls willkürlich schnell gemachten Kieferbewegungen zu vergleichen. Schon für den in der oben angegebenen Art am Masseter zufühlenden Finger ist es deutlich merklich, dass sich ohne Weiteres erstere Bewegung nur weit langsamer ausführen lässt als letztere. Es war nun aber die Frage, ob dieser Unterschied auf einer mit der Function des centralen und peripheren Bewegungsapparates wesentlich verbundenen Unvollkommenheit der Beherrschung des antagonistenlosen Muskelspieles beruhe, oder ob der Unterschied durch Uebung sich ausgleichen lasse. Die mit Rücksicht auf diese Frage in systematischer Weise angestellten Versuchsreihen des Hrn. Orschansky haben nun in der That das Letztere ergeben und es hat sich hierbei noch das Besondere herausgestellt, dass am antagonistenlos spielenden Muskel die Uebung nicht das Stadium der abnehmenden Energie zu verkürzen im Stande ist, wohl aber in beträchtlicher Weise das Stadium der wachsenden Energie, sodass also der Moment der beginnenden Erschlaffung immer näher an den Moment der beginnenden Anspannung heranrückt. So interessant und lehrreich nun auch dies sowohl, wie manch anderes specielleres Ergebniss der betreffenden Versuchsreihen sein mag — und Hr. Orschansky wird dies wohl noch ausführlicher erörtern —, so ist eine Beantwortung der oben von mir aufgeworfenen Frage nach der Schnelligkeit, mit welcher der Wille willkürlich gesetzte Muskelerregungen zu unterbrechen vermag, auf Grund dieses Erfahrungsmaterials nicht möglich. Man könnte freilich geneigt sein, den kleinsten durch Uebung zu erreichenden Werth des Intervalls zwischen dem Beginn der Anspannung und dem Beginn der Entspannung bei rhythmisch alternirendem Spiel des antagonistenlosen Muskels als Maass jener Schnelligkeit zu benutzen, man wäre dazu aber nur dann berechtigt, wenn man schon anderswoher wüsste, dass der innere Vorgang bei dem rhythmisch-alternirenden Muskelspiel darauf beruhe, dass behufs der Anspannung jedesmal willkürlich ein Erregungszustand gesetzt werde der beliebig lange andauern würde, wenn nicht behufs der Entspannung jedesmal eine willkürliche Hemmung eingriffe. Es ist aber nicht nur denkbar, sondern sogar sehr wahrscheinlich, dass wir bei der auf die willkürliche Beherrschung des antagonistenlosen rhythmisch alternirenden Muskelspieles gerichteten Uebung es lernen, in immer kürzerem Intervall einzelne Erregungszustände von immer kürzerer Dauer zu setzen, d. h. einzelne Erregungszustände, deren jeder aus einer immer kleineren Zahl derjenigen elementaren Erregungspulse besteht, durch deren Folge der unvollkommene Tetanus der willkürlichen Muskelcontraction entsteht. Gelingt es, die diesem Muskelspiel entsprechenden Bewegungsvorstellungen über die Schwelle des Bewusstseins zu heben und mit ungetheilter Aufmerksamkeit zu betrachten, so kann es wohl zeigen, dass sie allein aus Erinnerungsbildern kurz dauernder und sich schnell folgender Innervations- und Spannungsgefühle bestehen und dass in ihnen von willkürlichen Entspannungen Nichts enthalten ist.

Es scheint mir nun aber möglich zu sein, eine einwandsfreie Beantwortung der aufgeworfenen Frage dadurch herbeizuführen, dass man die Zeit bestimmt, welche vergeht, von dem Moment eines gegebenen Signals bis zu dem Moment des Beginnes der auf dieses Signal willkürlich ausgeführten Entspannung des

bis dahin willkürlich gespannt gehaltenen antagonistenlosen Muskels und dadurch, dass man diese Zeit, welche man kurz die Reactionszeit für Hemmungen nennen kann, mit der Reactionszeit für Erregung, welche letztere ja schon vielfach Gegenstand der Untersuchung gewesen ist, vergleicht. Wenn man mit gespanntem Masseter das Signal zur Entspannung erwartet, so verharrt man bei einem Erregungszustand, welcher willkürlich eingeleitet ist, der aber unterhalten wird, ohne dass die Aufmerksamkeit dauernd auf ihm ruht, denn die Aufmerksamkeit ist dem erwarteten Signal zugewandt, und welcher beliebig lange fortbestehen würde, wenn das Signal nicht die Veranlassung zur willkürlichen Unterbrechung derselben gäbe.

Aus Veranlassung des Signals wird ein dauernder Erregungszustand im centralen und peripherischen Bewegungsapparat plötzlich unterbrochen und zwar ist der unterbrechende Erregungszustand ein willkürlich unterhaltener, denn es steht in unserem Ermessen, das Signal nicht abzuwarten und die Unterbrechung selbst ist ein Act der Willkür, denn es steht in unserem Ermessen, ob wir auf das erhaltene Signal reagiren wollen oder nicht. Es handelt sich also um eine willkürliche Hemmung willkürlicher Erregung und es lohnt sich, die Reactionszeit für diese Hemmung zu bestimmen, über deren voraussichtliche Länge verschiedene Vermuthungen ausgesprochen werden können. Es wäre möglich, dass diese Reactionszeit wesentlich kürzer ausfiele, als die Reactionszeit für die Erregung. Diese Vermuthung stützt sich auf folgende Erwägung. Die Erregungswellen, durch welche willkürlich die Contraction eines Muskels eingeleitet oder unterhalten wird, werden, wie wir anzunehmen alle Veranlassung haben, von Ganglienzellen in der Grosshirnrinde ausgesandt und verdanken die beträchtliche Verzögerung, mit welcher sie bei dem Muskel eintreffen, dem wiederholten Aufenthalt, den sie beim Durchgang durch Ganglienzellen subcorticaler Centren — grosse Hirnganglien, Pons, graue Vordersäulen des Rückenmarkes — erleiden. Es wäre nun denkbar, dass die willkürliche Hemmung dieser Erregungswellen nicht an ihrem Entstehungsorte eingriffe sondern auf ihrer Bahn zu ihrem Endziel im Muskel, mehr oder weniger nah diesem Endziel (oder wohl gar in diesem selbst?). Die Consequenz, welche sich hieraus für die Verkürzung der Hemmungs-Reactionszeit ergeben würde, liegt auf der Hand.

Bedenkt man andererseits, dass jede willkürliche Muskelcontraction tetanisch ist, das heisst aus einer grösseren oder kleineren Summe von elementaren Innervationspulsen entsteht und dass aus unserem Unvermögen willkürlich einen einzelnen Innervationsimpuls zu ertheilen, auf eine gewisse Trägheit des willkürlichen Bewegungsapparatas zu schliessen ist, so kann man der Vermuthung Raum geben, dass sich diese Trägheit der willkürlichen Hemmung gegenüber dadurch zur Geltung brächte, dass nach dem Eingreifen des willkürlichen Hemmungsactes in eine willkürlich eingeleitete Muskelcontraction immer erst noch mehrere elementare Innervationsimpulse ertheilt werden müssten, wodurch die Hemmungsreactionszeit wesentlich verlängert werden würde.

Angesichts dieser, zu entgegengesetzten Consequenzen führenden Möglichkeiten, ist es nun von erheblicher Bedeutung, dass sich aus den Untersuchungen des Hrn. Orschansky eine wesentliche Gleichheit der Reactionszeit für Hemmung und Erregung ergeben hat (nach eingetretener Uebung) und dass sich diese Gleichheit nicht nur auf die absoluten Zeitwerthe bezieht, sondern auch auf die Veränderungen, welche diese durch Variation der Reizstärke,

durch Ermüdung, durch Alkohol und durch einige andere später aufzuführende Einflüsse erleiden.

Hr. Orschansky bestimmte zunächst seine Reactionszeit für Schluss und Oeffnung des Kiefers, also für zwei unter Antagonistenwirkuug zu Stande kommende Bewegungen desselben Muskelgebietes, welchem der später allein zu untersuchende Masseter angehört und er fand

die Reactionszeit für Schluss des Kiefers = 0·15 Secunden
„ „ „ Oeffnung „ „ = 0·17 „

Danach untersuchte er die Reactionszeiten des antagonistenlos spielenden Masseters und er fand als

Reactionszeit für die Erregung:	Reactionszeit für die Hemmung:
vor der Uebung = 0·25 Secunden	vor der Uebung = 0·30 Secunden
nach der Uebung = 0·15 Secunden	nach der Uebung = 0·14 Secundeu

Das Signal bestand in elektrischem Hautreiz am Vorderarm durch Oeffnungs-Inductionsschlag. Der Einfluss der Stärke dieses Reizes stellt sich folgendermaassen heraus:

Reactionszeit für die Erregung:	Reactionszeit für die Hemmung:
bei minimalem Reiz = 0·20 Secunden	bei minimalem Reiz = 0·17 Secunden
bei mittlerem Reiz = 0·15 Secunden	bei mittlerem Reiz = 0·14 Secunden
bei maximalem Reiz = 0·12 Secunden	bei maximalem Reiz = 0·11 Secunden

Der minimale Reiz war eben wahrnehmbar, der maximale eben unterhalb der Grenze des Schmerzes.

Durch Ermüdung wuchs die Reactionszeit (bei mittlerem Reiz) für die Erregung auf 0·18 Secunden, für die Hemmung auf 0·16 Secunden.

In einem Versuch über die Wirkung des Alkohols betrug:

	die Reactionszeit für Erregung:	für Hemmung:
vor Aufnahme des Alkohols	0·16 Secunden	0·15 Secuuden
8 Minuten nach Aufnahme von 60 ccm Rum	0·12 Secunden	0·9 Secunden
30 Minuten danach	0·25 Secunden	0·20 Secunden

Sehr interessante Versuchsreihen hat Hr. Orschansky noch ausgeführt, um den Einfluss zu studiren, den die Variation der Federspannung der Masseterzange und der Variation des intendirten Bewegungsumfanges auf die Reactionszeiten ausüben. Bei intendirtem kleinen Bewegungsumfang nahmen die Reactionszeiten mit Vermehrung der Federspannung merklich ab und mit Verminderung derselben beträchtlich zu.

Wenn ein kleiner Bewegungsumfang intendirt wurde betrug die Reactionszeit:

	für Erregung:	für Hemmung:
bei schwacher Spannung:	0·17 Secunden	0·17 Secunden
bei mittlerer Spannung:	0·15 Secunden	0·14 Secunden
bei starker Spannung:	0·10 Secunden	0·13 Secunden

Nicht so klar tritt der Einfluss der Grösse des intendirten Bewegungsumfanges hervor, doch scheint mit dieser Grösse die Dauer der Reactionszeiten zu wachsen, wenigstens zeigt sich dies bei mittlerer und namentlich starker Spannung.

Bei grossem intendirtem Bewegungsumfang betrug die Reactionszeit

	für Erregung:	für Spannung:
bei schwacher Spannung:	0·15 Secunden	0·15 Secunden
bei mittlerer Spannung:	0·18 Secunden	0·14 Secunden
bei starker Spannung:	0·18 Secunden	0·19 Secunden

Die Schlüsse, welche sich aus diesen Versuchsreihen ergeben, zu entwickeln, überlasse ich zunächst Hrn. Orschansky. An dieser Stelle möchte ich nur noch schliesslich hervorheben, dass die Versuche am antagonistenlos spielenden Masseter ergeben haben, dass an diesem dieselbe Geschwindigkeit der willkürlichen rhythmisch alternirenden Bewegungen durch Uebung zu erzielen ist, wie bei Mitspiel der Antagonisten und dass der centrale Hemmungsapparat durch Uebung dem Willen ebenso dienstbar gemacht werden kann, wie der centrale Erregungsapparat. Die Praecision in der Beherrschung des Hemmungsapparates scheint soweit getrieben werden zu können, dass schon die nächste Erregungswelle, welche auf diejenige folgen würde, bei deren Ablauf die Apperception des Signals erfolgt, unterdrückt oder wenigstens stark geschwächt wird. Es folgt dies daraus, dass auch am Masseter unter den bei diesen Versuchen innegehaltenen Bedingungen, die einzelnen Erregungswellen des willkürlichen Tetanus sich etwa in 0·08 Secunden Intervall folgen, wie Hr. Orschansky constatirt hat, während die mittlere Reactionszeit für die Hemmung etwa die doppelte Dauer hat. Ein Grund zur Annahme, dass die willkürliche Hemmung willkürlich unterhaltener Muskelerregung anderswo angreife als am corticalen Ausgangspunkt dieser Erregung, ist in den vorliegenden Versuchsresultaten zunächst nicht enthalten. Die kleinen Beträge, um welche die Reactionszeit für die Hemmung meistens kleiner gefunden wurde als die Reactionszeit für die Erregung, können in der Versuchstechnik begründet sein.

2. Hr. Feodor Krause, Erster Assistent und Privatdocent für Chirurgie zu Halle, hielt (a. G.) in der Sitzung vom 15. April 1887 den angekündigten Vortrag: „Ueber aufsteigende und absteigende Nervendegeneration“.

Wenn ein peripherer Nerv in seiner Continuität unterbrochen wird, sei es durch Schnitt, sei es durch Quetschung, so degenerirt nach dem allgemein acceptirten Waller'schen Gesetz der peripher von der Continuitätsunterbrechung gelegene Nervenabschnitt in seiner ganzen Ausdehnung bis in die allerfeinsten Endverzweigungen hinein. Der central von der Schnittstelle gelegene Nervenabschnitt sollte dagegen absolut intact sich erhalten, abgesehen von den durch das Trauma gesetzten Veränderungen, welche nach Engelmann nur bis zum nächsten Ranvier'schen Schnürring reichen, also nur eine mikroskopische Ausdehnung besitzen. Nun habe ich im Verein mit Hrn. Prof. Carl Friedländer in einer Arbeit, deren Ergebnisse ich im vorigen Jahre auf der Naturforscherversammlung zu Berlin vorgetragen habe, gezeigt, dass auch an dem central gelegenen Abschnitte des Nerven und zwar von der Durchtrennungsstelle an bis tief in's Rückenmark hinein sehr erhebliche Veränderungen stattfinden, welche einen mehr oder weniger atrophischen Charakter darbieten und von uns damals einfach als Atrophien bezeichnet worden sind.

Unsere Untersuchungen bezogen sich auf die Nerven in amputirten Gliedern. Hier unterliegen die Nerven einer eigenthümlichen Veränderung, die sich wesent-

lich zu erkennen giebt in Schwund des Marks, ausserordentlich starker Verschmälerung der Nervenfasern und beträchtlicher Kernvermehrung. Wir hatten ferner nachgewiesen, dass diese eigenthümliche Atrophie, wie wir damals sagten, ausschliesslich sensible Fasern betreffe und zwar nur einen Theil derjenigen sensiblen Fasern, welche dem abgesetzten Gliede angehörten, dass dagegen die motorischen Nervenfasern dieser Atrophie nicht anheimfielen, sondern selbst bis zehn Jahre nach der Amputation sich durchaus intact erhielten. Auf die Veränderungen des Rückenmarks will ich hier nicht weiter eingehen.

Es ist nun klar, dass eine Amputation für die Nerven nichts weiter bedeutet, als eine Nervendurchschneidung, welche unter derartigen Umständen erfolgt, dass die Wiedervereinigung der durchtrennten Nervenenden und mithin eine Regeneration ausgeschlossen ist. Da nun die Nerven nach Amputationen bis zum Rückenmark diesen von uns nachgewiesenen schweren Veränderungen anheimfallen, so lag zunächst die Vermuthung nahe, dass wohl auch nach der einfachen Nervendurchschneidung der centrale Nervenabschnitt nicht so ganz unverändert bleiben könne, wie man bisher geglaubt hat. Es musste diese Frage vor allem auch experimentell erörtert werden. Meine Untersuchungen haben zu mehreren interessanten Ergebnissen geführt, die, wie ich mich der Hoffnung hingebe, auch in praktischer Hinsicht nicht ohne Werth sind. Ich beabsichtige daher diese Resultate kurz zu besprechen, und zwar werde ich zuerst auf diejenigen Veränderungen eingehen, welche nach einer Continuitätstrennung des Nerven der centrale Nervenabschnitt erleidet, dann auf die Veränderungen des peripheren Abschnittes und endlich auf die für die Praxis wichtigen Ergebnisse.

Ich habe vor allem danach gestrebt, Material vom Menschen zu bekommen. Wie wir späterhin sehen werden, ergeben die Thierversuche und namentlich Versuche an Kaninchen, wie ich sie aus äusseren Gründen allein anstellen konnte, nicht Resultate, welche sich ohne weiteres auf den Menschen übertragen liessen. Was den centralen Nervenabschnitt betrifft, so schien es mir von vorn herein klar, dass es für unsere Frage gleichgültig sein müsse, auf welche Weise die Nervenunterbrechung geschehe, ob durch Schnitt wie bei einer Amputation, ob durch einen Tumor, der durch Druck die Nervenfasern zur Atrophie bringt, ob endlich durch Ausschaltung ganzer peripherer Nervengebiete, wie sie beispielsweise gangränöse Processe im Gefolge führen. Namentlich konnte ich hoffen im letzteren Falle, also im Falle von Gangrän eines Gliedes, die Veränderungen im centralen Nervenabschnitt in frischerem, d. h. weniger weit vorgeschrittenem Zustande zu Gesicht zu bekommen, als es mir nach Amputationen möglich gewesen war.

Ich habe nun im verflossenen Wintersemester Gelegenheit gehabt in fünf Fällen von Gangrän, die sämmtlich zur Amputation kamen, die Nerven des abgesetzten Gliedes zu untersuchen, und zwar konnte ich es weit oberhalb der gangränösen Stelle (bis zu 18 ^{cm}), wo die Nerven makroskopisch sich absolut normal verhielten. Der eine Fall betraf eine diabetische Gangrän, ein zweiter eine doppelseitige Frostgangrän, zwei Fälle senile Gangrän, alle Fälle aber die untere Extremität in verschieden grosser Ausdehnung. Einmal habe ich schon drei Wochen nach Eintritt der Gangrän, in zwei anderen Fällen vier Wochen nach Eintritt der Gangrän die Nerven zur Untersuchung bekommen. Es empfiehlt sich im allgemeinen, die Nerven in $^1/_2$—1 $^0/_0$ Osmiumsäurelösung zu erhärten und dann die Schnitte mit Lithioncarmin nachzufärben. Die normalen mark-

haltigen Nervenfasern sind dann schwarz, die Kerne und Axencylinder roth gefärbt. Während nun ein normaler Nerv bei dieser Behandlung auf dem Querschnitt fast ausschliesslich aus markhaltigen, durch Osmiumsäure schwarz gefärbten Nervenfasern zusammengesetzt erscheint, sehen wir in den degenerirten Partien der Nerven nur hier und da eine erhaltene normale Nervenfaser. Dazwischen sehen wir rosa gefärbte sehr kernreiche Partien, in denen man bei starker Vergrösserung, am besten mit Oelimmersion, die quergetroffenen degenerirten Nervenfasern als hellroth gefärbte kreisförmig begrenzte Gebilde antrifft, in deren Centrum man hier und da, aber nicht immer, einen rothen Punkt als Rest des Axencylinders findet. Auf dem Längsschnitt können wir in den degenerirten Partien wirklich die degenerirten Fasern als solche ohne Schwierigkeit erkennen, dieselben sind ausserordentlich kernreich.

Bei unseren früheren Untersuchungen an Amputationsnerven haben wir nahezu dasselbe histologische Bild erhalten. Nur sah ich hier in diesen frischeren Fällen an den degenerirten Fasern noch hier und da Reste des Marks in Gestalt von feinen Kugeln und Körnchen. Und während wir in unserer gemeinsamen Arbeit die an den Amputationsnerven eintretenden Veränderungen noch als eine ganz besondere Form der Atrophie auffassten, muss ich nach meinen jetzigen Untersuchungen einräumen, dass die Art der Degeneration dieser Nervenfasern, welche centralwärts geht, also aufsteigend ist, sich ihrem histologischen Bilde nach in nichts von der seit so langer Zeit bekannten Waller'schen Degeneration des peripher von der Durchtrennungsstelle gelegenen Nervenabschnittes unterscheidet. Es handelt sich eben zunächst um eine sehr schnell eintretende Veränderung des Markes, dass in unregelmässige Schollen und Krümel zerfällt: auch der Axencylinder scheint zu Grunde zu gehen, nach vier Wochen sieht man hin und wieder auf dem Querschnitt noch einen Rest desselben. Auf dem Längsschnitt ist er dann aber schon nicht mehr nachzuweisen. Diese Degeneration ist von einer starken Kernvermehrung begleitet.

Bei den aus amputirten Gliedern stammenden Nerven und in dem Falle von doppeltseitiger Frostgangrän sind die Veränderungen an den Nerven selbstverständlich secundäre, nur bedingt durch den Ausfall peripherer Nervengebiete. Bei sensibler und diabetischer Gangrän könnte dagegen der Einwand berechtigt erscheinen, dass hier die Veränderungen der Nerven das primäre Leiden darstellen, welches zur Gangrän führt. Da indessen das histologische Bild und auch die Verbreitung und Ausdehnung des Processes hier absolut dieselben waren, wie an den Amputationsnerven und bei Frostgangrän, so glaube ich auch in diesen Fällen die Nervenveränderungen für secundäre halten zu dürfen. Indessen liegt es mir durchaus fern, etwa behaupten zu wollen, dass es nicht auch eine Form von Gangrän geben könne, welche durch primär entstehende Veränderungen an den Nerven hervorgerufen werden könne. Ich verweise in dieser Beziehung nur auf die ausgezeichneten beiden Arbeiten von Pitres und Vaillard.[1] Ich werde auf dieselben sowie auf die ausführliche Abhandlung von Oppenheim und Siemerling,[2] welche bei sehr vielen verschiedenen Allgemeinleiden histologisch ganz ähnliche Veränderungen im peripheren Nervensystem gefunden haben wie ich, in meiner demnächst erscheinenden ausführlichen Publication genauer eingehen. Für meine Untersuchungen muss ich durchaus

[1] *Archives de physiologie.* 1885. I.
[2] *Archiv für Psychiatrie* 1887. XVIII.

daran festhalten, dass die Veränderungen in den Nerven nach Amputationen oder Ausschaltung peripherer Gebiete durch Gangrän aufsteigende sind, die ausschliesslich durch jenes Ausfallen bestimmter peripherer Nervengebiete hervorgerufen werden. Zahlreiche Controluntersuchungen haben ausserdem ergeben, dass nur diejenigen Nerven, welche ihren Verbreitungsbezirk in den amputirten oder gangränösen Partien haben, jener partiellen Degeneration anheimgefallen waren.

In derselben Weise, wie diese Veränderungen beim Menschen nach Amputation und nach Gangrän peripherer Theile eintreten, genau so werden offenbar die Veränderungen im centralen Nervenabschnitt auch nach blosser Nervendurchschneidung eintreten, vorausgesetzt dass eine *prima intentio* im strengsten Sinne des Wortes, d. h. eine directe Verklebung der durchschnittenen Nervenenden und sofortige Verwachsung ohne vorherige Degeneration nicht stattfindet.

Das Vorkommen einer solchen Vereinigung der Nerven *prima intentione* ist in früherer Zeit von Schiff und Bruch und neuerdings von Gluck wieder behauptet worden. Ich muss auf Grund meiner Thierversuche mich auf's Entschiedenste dahin aussprechen, dass eine Heilung *prima intentione* an den Nerven absolut unmöglich ist und niemals eintritt, und schliesse mich in dieser Beziehung durchaus dem besten Untersucher auf diesem Gebiete, E. Neumann in Königsberg, an, der gleichfalls die *prima intentio* an durchschnittenen Nerven weder selbst jemals beobachtet hat, noch auch sonst histologisch für erwiesen hält.

Um durch das Experiment beim Thiere, wenn sie überhaupt möglich wäre, die *prima intentio* zu erreichen, bin ich folgendermaassen vorgegangen. Ich habe den Ischiadicus des Kaninchens blossgelegt und in Verbindung mit seiner Unterlage gelassen und dann nur die mitten im Strange gelegenen Nervenfaserbündel mit einem ganz spitzen zweischneidigen Messer durch einen einfachen Stich quer durchtrennt. Ich habe bei diesem Verfahren offenbar die besten Bedingungen für ein directes Verkleben der durchtrennten Nervenfasern gesetzt, indem ich die wenigen durchschnittenen Fasern soviel als nur irgend möglich in ihrer normalen Lage beliess. Und doch ist selbst in diesen günstigsten Fällen niemals die *prima intentio* eingetreten, sondern die typische Degeneration, wie nach allen Nervendurchschneidungen. Dass die klinischen Symptome, die scheinbar für eine primäre Vereinigung durchschnittener Nerven sprechen, auf ganz andere Weise erklärt werden können, ist allgemein bekannt; — ich brauche darauf hier nicht weiter einzugehen.

Es ist also durch meine Untersuchungen festgestellt, dass nach Aufhebung der Continuität eines Nerven der centrale Nervenabschnitt nicht, wie man bisher geglaubt hat, intact bleibt, sondern dass eine grosse Zahl von Fasern, und zwar ausschliesslich sensible Fasern (vgl. die in den „Fortschritten" 1886 Nr. 23 erschienene Arbeit über die Nerven in amputirten Gliedern) degeneriren.

Ich komme nun zum peripheren Nervenabschnitt. Hier heisst die alte Lehre: Der ganze peripher von der Durchtrennungsstelle gelegene Nervenabschnitt fällt der Degeneration anheim, und zwar bis in seine Endverzweigungen hinein. Für diese Untersuchungen stand mir Material vom Menschen aus leicht begreiflichen Gründen nicht zur Verfügung. Es musste sich ja um eine Nervenverletzung handeln, nach der keine Regeneration eingetreten war, und nach der mir die peripher von der Durchtrennungsstelle gelegenen Partien zu Gebote gestanden hätten. Einen geeigneten Fall würde man erhalten, wenn uns beispielsweise nach Exstirpation eines malignen Neuroms mit weitgehender Nerven-

resection ein grosses Recidiv späterhin zur Amputation nöthigte. Ich musste daher für die Untersuchung des peripheren Nervenendes zum Thierexperiment greifen. Um nun die nach Nervendurchschneidung eintretenden degenerativen Processe zu studiren, empfiehlt es sich, ein beträchtliches Stück — mehrere Centimeter — aus der Nervencontinuität zu reseciren, damit jede Verwachsung der durchtrennten Nervenenden und somit jede Regeneration sicher verhütet werde. Ich habe zu meinen Versuchen sowohl gemischte Nerven, wie den Ischiadicus und den Plexus brachialis, als auch rein sensible Nerven, wie den Auricularis magnus und Saphenus major benutzt und dabei gefunden, dass beim Kaninchen nicht der ganze peripher von der Excisionsstelle gelegene Nervenabschnitt der Degeneration verfällt, sondern dass sich eine Anzahl markhaltiger Fasern bei diesen Thieren erhalten, und zwar in der ganzen Ausdehnung des peripheren Nervenabschnittes. Die deutlichsten Resultate bekommt man, wenn man an rein sensiblen Nrrven, wie an dem N. auricularis magnus oder dem N. saphenus major experimentirt, während an den grossen gemischten Körpernerven die im peripheren Theile sich erhaltenden Fasern sehr wenig zahlreich sind und daher bei der immerhin beträchtlichen Grösse dieser Nerven sich schwer auffinden lassen.

Hier liegt der Einwand nahe: weshalb sollen die im peripheren Nervenabschnitte vorhandenen, normalen markhaltigen Fasern wirklich erhaltene alte Fasern, weshalb sollen es nicht neugebildete Fasern sein? Dagegen lässt sich folgendes geltend machen. Nach den Resultaten der besten Untersucher auf diesem Gebiete, namentlich E. Neumann's und seiner Schüler, ist für die Regeneration des Nerven die Verbindung des peripheren Theiles mit dem centralen Ende eine *conditio sine qua non,* und gerade diese Verbindung habe ich in meinen Experimenten dauernd verhindert. Ausserdem zeigt in allen meinen Thierversuchen der weit überwiegende Theil des peripheren Nervenabschnittes nicht die geringste Spur von Nervenfaserneubildung, Ebenso hat Waller schon nachgewiesen, dass eine neugebildete Nervenfaser wegen ihres ganz verschiedenen histologischen Verhaltens weder mit degenerirten noch mit einer alten Nervenfaser verwechselt werden könne. Endlich sind diese im peripheren Nervenabschnitte beim Thier sich intact haltenden Fasern schon früher von mehreren Beobachtern nachgewiesen worden. Philippeaux und Vulpian, Lavéran, Arloing und Tripier haben auf diese Fasern aufmerksam gemacht. Sie bringen dieselben in Zusammenhang mit der von Claude Bernard auch für die peripheren Körpernerven nachgewiesenen „rückläufigen Sensibilität“.

Genau so viele Fasern als im peripheren Nervenabschnitt nach der Durchschneidung sich erhalten, gehen im centralen Nervenabschnitt durch Degeneration zu Grunde. Beim Kaninchen degeneriren also entsprechend den wenigen in der Peripherie intact erhaltenen Fasern auch relativ wenige Fasern im centralen Nervenabschnitt. Meine Untersuchungen am Menschen haben zu dem überraschenden Ergebnisse geführt, dass im centralen Nervenabschnitt ein sehr beträchtlicher Theil der Fasern zu Grunde geht. Nach Amputation einer unteren Extremität haben wir z. B. die Zahl der degenerirten Fasern im Ischiadicus auf nahezu die Hälfte der Fasern des ganzen Querschnittes geschätzt. Und selbst selbst wenn diese Schätzung zu hoch gegriffen sein sollte, so würde doch jedenfalls ein sehr beträchtlicher Theil der Fasern zu Grunde gehen. Genau so viele Fasern nun, als im centralen Abschnitt nach der Nervendurchschneidung zu Grunde gehen, erhalten sich im peripheren Nervenabschnitt intact. Während

dies beim Kaninchen relativ wenige Fasern sind, muss ich beim Menschen die Zahl derselben, also die Zahl der erhaltenen markhaltigen Fasern im peripheren Nervenabschnitt, auf Grund meiner Untersuchungen als eine sehr beträchtliche hinstellen.

Da das Waller'sche Gesetz, dessen Richtigkeit unantastbar ist, besagt, dass bei Durchtrennung eines Nerven diejenigen Fasern degeneriren, welche von ihren trophischen Centren abgetrennt worden sind, so folgt daraus, dass jene, im peripheren Nervenabschnitte unverändert sich erhaltenden Fasern durch den Schnitt von ihrem trophischen Centrum nicht abgetrennt worden sein können. Beim Versuchsthier sind, wie schon angegeben, diese Fasern für rückläufige erklärt worden. Beim Menschen sind sie aber viel zu zahlreich, als dass man glauben könnte, sie dienten nur der „rückläufigen Sensibilität"; es würde für diese Annahme jede anatomische Unterlage fehlen. Es giebt aber noch eine Differenz zwischen Mensch und Kaninchen, die vielleicht zur richtigen Erklärung führt, Die von Wagner und Meissner entdeckten Tastkörperchen kommen ausser beim Menschen nur noch beim Affen vor, und da wir es bei diesen nach der Nervendurchschneidung im centralen Nervenabschnitt degenerirenden, im peripheren Abschnitt sich erhaltenden Fasern nur mit sensiblen zu thun haben, so liegt es nahe, an jene specifischen Endapparate der sensiblen Nerven zu denken und der Vermuthung Raum zu geben, dass sie vielleicht auch trophische Centren für die in sie eintretenden Fasern darstellen. Unter Beihülfe dieser Hypothese würden sich alle Befunde in Uebereinstimmung mit dem Waller'schen Gesetze erklären lassen. Das Bild gestaltet sich also beim Menschen nach einer Nervendurchschneidung so, dass im centralen Abschnitt der Degeneration anheimfallen und im peripheren Abschnitt intact sich erhalten: alle diejenigen (an den Extremitäten recht zahlreichen) sensiblen Fasern, welche mit einem trophischen Centrum in der Peripherie, vielleicht also dem Meissner'schen Tastkörperchen, in Verbindung stehen; dass dagegen im centralen Abschnitt erhalten bleiben und im peripheren Abschnitt degeneriren: 1. alle motorischen Nervenfasern, 2. die sensiblen Nervenfasern der Knochen, des Periostes, der Gelenke, der Muskeln, Sehnen und der Fascien und endlich von den Hautnerven die frei in der Haut endigenden Fasern.

Was folgt nun aus diesen Untersuchungen für unser praktisches Handeln?

Es ist offenbar nicht gleichgiltig für die Regeneration eines in seiner Continuität getrennten Nerven, ob in seinem peripheren Abschnitte, wie man bisher geglaubt hat, sämmtliche Fasern zu Grunde gehen, oder ob in ihm ein immerhin sehr beträchtlicher Theil der Nervenfasern erhalten bleibt. Die Regeneration eines Nerven wird viel leichter von Statten gehen können, wenn ein gewisser Theil der normalen Nervenbahnen in der Peripherie intact fortbesteht und gewissermaassen als Leiter für die sich neubildenden, aus den erhaltenen Nervenfasern herauswachsenden Fasern dient, als wenn Alles, wie man bisher glaubte, der Degeneration anheimfällt.

Da kein Grund vorliegt anzunehmen, dass die im peripheren Nervenabschnitt nach der Nervendurchschneidung sich erhaltenden markhaltigen Fasern später irgend welche Störungen erleiden oder degenerativen Processen verfallen, so können wir auch vermuthen, dass die Nervennaht selbst sehr lange Zeit nach

einer Nervenverletzung, nach welcher die Regeneration nicht eingetreten ist, noch von Nutzen sein wird. Die praktische Erfahrung bestätigt diese theoretische Schlussfolgerung. Wir wissen schon seit längerer Zeit, dass selbst Monate, ja Jahre nach nichtgeheilten Nervenverletzungen die secundäre Nervennaht mit vollkommenem Erfolge ausgeführt worden ist. Ich erinnere statt vieler nur an die Beobachtung von Esmarch, der bei fortbestehender Lähmung 16 Monate nach einer Radialisdurchtrennung die secundäre Nervennaht mit ausserordentlichem Erfolge ausführte.

Noch eine andere Thatsache erklärt sich vielleicht auf Grund der vorliegenden Untersuchungen. Durch klinische Erfahrung ist schon seit langer Zeit festgestellt, dass selbst in Fällen, wo gar keine Vereinigung der beiden durchtrennten Nervenenden stattgefunden hat, die Sensibilität in denjenigen Hautabschnitten, welche gleich nach der Nervenverletzung absolut anaesthetisch geworden waren, allmählich wiederkehren kann. Ganz anders verhält es sich mit den motorischen Lähmungen, wenn die Verletzung einen gemischten Nervenstamm getroffen hatte. Diese Lähmungen bleiben immerhin bestehen, und erst wenn eine wirkliche Verheilung der beiden von einander getrennten Nervenenden eingetreten ist und eine Regeneration stattgefunden hat, können die Lähmungen hier zurückgehen. Bis jetzt hat man diese hier nicht zu bezweifelnde Thatsache so zu erklären versucht, dass von benachbarten intacten Nervengebieten aus allmählich Nerven in die anfangs anaesthetischen Gebiete der Haut hineinwüchsen. Auf Grund meiner Untersuchungen möchte ich glauben, dass die im peripheren Nervenabschnitt erhaltenen ausschliesslich sensiblen Nervenfasern hierbei eine Rolle übernehmen können, und zwar etwa dadurch, dass sie centripetal auswachsen und neue Verbindungen mit anderen Nervenstämmen eingehen. — —

Hierauf wurden die mikroskopischen Praeparate demonstrirt.

Berichtigung.

S. 276, Zeile 11 v. o. ist zu lesen: „Es folgt hieraus“, statt „Es folgt hierauf“
S. 281, Zeile 1 v. o. ist zu lesen: „2—4“, statt „2—2“

Ueber die Aufsaugung aus den subcutanen Lymphsäcken bei dem Frosche.

Von

Dr. med. J. Archarow.

Aus dem physiologischen Laboratorium der Universität Kasan.

Die Hauptrolle bei der Aufsaugung verschiedener, in die subcutanen Lymphsäcke der Frösche eingeführter Substanzen wird gewöhnlich den Lymphherzen zugeschrieben. Indess ist diese Annahme nicht durch exacte physiologische Experimente begründet. Sie wird eigentlich nur durch die anatomischen Untersuchungen von Ranvier unterstützt. Andererseits weist die Arbeit von Goltz[1] darauf hin, dass eine in den dorsalen Lymphsack eingespritzte 1 procentige Na Cl-Lösung unmittelbar, d. h. ohne Betheiligung der Lymphherzen in die Blutgefässe übergeht.

Die darauf bezüglichen Experimente waren folgendermaassen angeordnet. Ein curarisirter Frosch mit durchtrennter Aorta wurde in senkrechter Lage, den Kopf nach oben, an einem Stative aufgehängt. Dem derart praeparirten Thiere wurden 10 bis 15 ^{ccm} einer Na Cl-Lösung in den dorsalen Lymphsack einverleibt. Hierauf begann die Beobachtung über den Flüssigkeitsaustritt aus dem centralen Aortenstumpfe. Die erste Zeit floss reines Blut aus und fiel tropfenweise in eine untergestellte Schale. Bald darauf aber zeigte sich die herabtröpfelnde Flüssigkeit schwächer gefärbt und schliesslich wurde sie farblos. Gleichzeitig nahm die in dem dorsalen Lymphsacke enthaltene Na Cl-Lösung an Menge ab. In diesen Versuchen wurde, nach der Voraussetzung von Goltz, die eingeführte Flüssigkeit von

[1] Ueber den Einfluss der Nervencentren auf die Aufsaugung. Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1872. Bd. V.

dem Endothele der Blutcapillaren aufgenommen und dann von letzterem in das Gefässlumen abgesondert, wobei die genannten Zellen ähnlich dem Drüsenepithele functionirten. In die kleineren Venen gelangt, wurde die Na Cl-Lösung bereits in Folge der peristaltischen Contractionen der betreffenden Gefässmuskeln zum Herzen hingetrieben. Da Goltz bei Fröschen mit zerstörtem Rückenmarke eine Aufsaugung der Na Cl-Lösung vermisste, so schloss er daraus, dass das Capillarenendothel nur unter dem Einflusse des Rückenmarkes resorbiren könne.

Die letztberührte Glotz'sche Ansicht wird von Bernstein[1] bestritten. Wenn er die Continuitätstrennung der Gefässe nicht am Herzen, sondern tiefer in der Abdominalgegend und zwar durch Wegnahme der Baucheingeweide bewerkstelligte, so fand er, dass die Flüssigkeit aus dem dorsalen Lymphsacke resorbirt wurde und fast mit derselben Schnelligkeit aus der eröffneten Bauchhöhle ausfloss, gleichviel ob das Rückenmark intact oder zerstört war.

Dieser Versuch sagt so viel aus, dass die Rückenmarkszerstörung nicht sowohl den Uebergang der Flüssigkeit aus dem dorsalen Lymphraume in die Blutcapillaren, als vielmehr ihr weiteres Emporsteigen in den Blutgefässen hemmt, oder mit anderen Worten, die peristaltischen Gefässcontractionen aufhebt, welche letzteren die Weiterbewegung der Flüssigkeit bedingen.

Gegen die eben besprochene Goltz'sche Ansicht tritt auch Heubel[2] auf, indem er glaubt, dass die Resorption aus den Lymphsäcken nach Zerstörung des Hirns und des Rückenmarkes nur deshalb ausbleibt, weil bei den operirten Fröschen der Blutumlauf stockt; letzteres aber hängt von dem Verluste des Gefässtonus ab.[3]

Den Versuchen von Bernstein mangelt es insofern an Beweiskraft, als aus denselben nicht zu ersehen ist, wie der Uebergang der Na Cl-Lösung aus dem dorsalen Lymphsacke in die Bauchhöhle zu Stande kommt, ob vermittelst der Blutgefässe oder auf irgend einem anderen Wege. Jedoch können auch die Versuche von Goltz nicht als Beweis dafür dienen, dass die Na Cl-Lösung unmittelbar, ohne Betheiligung der Lymphherzen, in die Blutgefässe übergeht. Gemäss der Behauptung von Ranvier stehen die Lymphherzen in directer Verbindung mit dem dorsalen Lymphraume und es konnte mithin die in letzteren eingespritzte Lösung mit Hülfe der Lymphherzen in das Blutgefässsystem gelangen.

---

[1] *Berliner klinische Wochenschrift.* 1872. Nr. 28.

[2] Virchow's *Archiv.* Bd. LVI. S. 246.

[3] Der Verfasser injicirte folgende Substanzen in die Lymphsäcke: gelbes Blutlaugensalz, Curare, Strychnin, Nicotin, Coniin, Veratrin, Kali nitricum, Chloroform und Chloralhydrat.

Zu Gunsten der Goltz'schen Ansicht könnten folgende zwei Umstände angeführt werden: 1) Falls in den Versuchen des genannten Autors die Flüssigkeit aus den Lymphsäcken durch Vermittelung der Lymphherzen in das Blutgefässsystem eindrang, so entsteht die Frage, weshalb denn defibrinirtes Blut nicht aus dem dorsalen Lymphsacke resorbirt wird? 2) Die Aufsaugung findet auch bei mit Curare vergifteten Fröschen statt, welch letzteres, gemäss den Untersuchungen von Claude Bernard,[1] ebenso wie von Boll und Langendorff,[2] die Lymphherzen lähmt. Indess lässt das erst erwähnte Factum, d. h. das Ausbleiben der Resorption des in den dorsalen Lymphraum eingeführten defibrinirten Blutes noch eine andere Deutung zu, als die von Goltz gegebene. Das defibrinirte Blut bildet nämlich bei seiner Einführung in die Lymphräume Gerinnsel, welche die in den Lymphherzen befindlichen Oeffnungen verstopfen können. Was aber den Einfluss des Curare auf die Lymphherzen betrifft, so spricht Kaschel[3] in einer neuerdings erschienen Arbeit wohl von einer herabgesetzten Thätigkeit, keineswegs aber von einer Lähmung der Lymphherzen bei curarisirten Fröschen.

Somit bleibt die Frage ungelöst, auf welche Weise die Flüssigkeit aus den Lymphsäcken in das Blutgefässsystem übergeht, ob unmittelbar oder durch Vermittelung der Lymphherzen, und erstenfalls — ob in Folge einer activen (resorbirenden) Thätigkeit des Capillarenendothels oder aber auf dem Wege der Diffusion.

Die Art und Weise der Aufsaugung von Lösungen aus den Lymphsäcken in die Blutgefässe genau zu ermitteln und die Bedingungen nachzuweisen, welche so oder anders die Schnelligkeit der Resorption beeinflussen, darin bestand die Aufgabe der vorliegenden, auf den Vorschlag des Hrn. Prof. N. O. Kowalewsky von mir unternommenen Arbeit.

Meine Versuche wurden an Herbst- und Winterfröschen (Rana esculenta) von einem Körpergewichte von etwa 40^{grm} angestellt. Die Temperatur des Wassers, das den Fröschen in dem Laboratorium zum Aufenthalte diente, war nicht sehr niedrig, so dass dieselben sich nicht in dem Zustande des Winterschlafes befanden. Um die Schnelligkeit der Aufsaugung kennen zu lernen, wandte ich folgendes Verfahren an.

In einen der Lymphsäcke der hinteren Extremität, und zwar am häufigsten in den cruralen, wurde eine bei Zimmertemperatur gesättigte wässerige Lösung von indig-schwefelsaurem Natron in einer Quantität von

---

[1] *Leçons sur les effets des substances toxiques et médicamenteuses.* 1857. p. 310.
[2] *Dies Archiv.* 1883. S. 329.
[3] *Wiener medicinische Jahrbücher.* 1886. VII. S. 393.

0·2 bis 0·3 ccm durch Einstich eingespritzt und darauf die Verfärbung an der Zunge beobachtet. War das Thier (mit dem Rücken nach oben) an der Korkplatte befestigt, so wurde gewönlich nach Verlauf von 10 bis 15 Minuten die ursprünglich rosafarbene Zunge bleich; nach 30 bis 20 Minuten nahm die Zungenschleimhaut eine nur dem geübten Auge bemerkbare bläuliche Nuance an; nach 30 bis 40 Minuten bekam sie eine deutlich blaue, und endlich nach 40 bis 50 Minuten eine intensiv blaue Farbe.

I.

Nachdem ich solcher Weise die Versuchsmethode festgestellt, schritt ich zur Erörterung der verschiedenen Bedingungen, welche so oder anders auf die Schnelligkeit der Aufsaugung einwirken, und zwar untersuchte ich den Einfluss des Anbindens, der Temperatur, des Herzschlages und endlich den der Durchschneidung und der Zerstörung, sowie der Reizung verschiedener Abschnitte des Nervensystems.

1. Experimente mit Injection des Indigcarmins in die verschiedenen Lymphsäcke zeigten, dass die Schnelligkeit der Aufsaugung nicht davon abhängt, in welchen Lymphsack die Indigcarminlösung eingespritzt war, mochte es nun der crurale, der femorale, der dorsale oder der laterale gewesen sein.

2. Experimente mit Einführung des Farbstoffes in einen und denselben Lymphsack bei Fröschen, die an die Korkplatte angebunden und bei solchen, die nicht angebunden waren, zeigten, dass bei letzteren die Aufsaugung bedeutend schneller vor sich geht. So wurde bei freisitzenden Fröschen bereits nach Verlauf von 15 bis 20 Minuten nach der Einspritzung die Farbe der Zunge eine intensiv blaue. Dasselbe wird auch in dem Falle wahrgenommen, wenn die zur Injection der indigschwefelsauren Natronlösung dienende Extremität des Frosches unangebunden bleibt, wobei letztere während der ganzen Versuchszeit ab und zu, bald mittels elektrischer, bald mittels mechanischer Reizung in Bewegung gesetzt wird.

3. Bei den Versuchen über die Einwirkung verschiedener Temperaturen auf die Aufsaugung erwies es sich, dass die Abkühlung verlangsamend, die Erwärmung dagegen beschleunigend auf die Aufsaugung wirkt. Die Abkühlung des Frosches wurde durch Eintauchen desselben in Eiswasser (von 2 bis 4° C.) oder dadurch erzielt, dass das Experiment im Freien, bei einer Temperatur der Aussenluft von etwa 3 bis 4° C. angestellt wurde. Behufs Erwärmung wurde der an eine Korkplatte angebundene Frosch in ein Wasserbad von etwa 33 bis 38° C. gesetzt. In anderen Fällen wurde der Frosch zu demselben Zwecke einem Luftbade von etwa 45° C. ausgesetzt, und hierbei wurden sowohl das Versuchsthier als die zu dessen Fixirung

dienende Korkplatte während des Experimentes ein bis zwei Mal mit Wasser benetzt, um eine Eindickung des Blutes durch Wasserverlust zu beseitigen, da sonst der Blutumlauf stocken und hierdurch die Resorption des indigschwefelsauren Natrons verhindert würde. Bei dem Eintauchen des Frosches in das Wasser wurde darauf geachtet, dass der Kopf und die Einstichstelle über Wasser blieben. Diese Maassregel diente zur Verhütung einer Uebertragung des Indigcarmins in die Mundhöhle.

Die unten angeführte Versuchstabelle zeigt, wie weit sich die Temperatureinflüsse auf die Aufsaugung erstrecken. In der besagten Tabelle sind angegeben: die Versuchsnummer, die Temperatur des Bades, die Minutenzahl, die nach Einspritzung der Indigcarminlösung in den femoralen Lymphsack verflossen, nachdem die Farbe der Zunge bleich, bläulich, deutlich blau und endlich intensiv blau wurde, und schliesslich der Zustand des Herzschlages am Ende des Versuches. In den drei letzten Versuchen wurde die Abkühlung und Erwärmung der Frösche mittels einer entsprechenden Temperaturänderung der umgebenden Luft bewirkt.

Nummer des Versuches	Temperatur des Bades nach Celsius	Binnen wieviel Minuten nach Injection des Farbstoffes wurde die Farbe der Zunge				Zahl der Herzschläge in 1′ am Ende des Versuches
		bleich	bläulich	deutlich blau	intensiv blau	
I	35°	5	—	10	12	60—70 unregelmässig
II	33°	5	9	15	17	68
III	18°	10	20	23	30	49
IV	6°—8°	38	43	51	64	26
V	2°—3°	22	74	92	106	10
VI	2°	80	90	115	140	10
VII	1°—4°	75	145	180	—	7
VIII	21°	22	32	44	60	40
IX	40°—45°	10	19	22	25	95

4. Da in den angeführten Experimenten mit der Temperatur zugleich auch die Herzthätigkeit sich änderte, so entstand die Frage, ob nicht die grössere oder geringere Schnelligkeit der Aufsaugung bei verschiedenen Temperaturen von den Veränderungen der Herzthätigkeit abhing.

Zur Lösung dieser Frage wurden folgende Versuche angestellt. Zwei Fröschen, die in ein und dasselbe kalte Bad (von etwa 4° C.) gesetzt waren, wurde das Herz entblösst, wobei wir dafür sorgten, dass letzteres von dem Wasserbade nicht benetzt werde. Sodann wurde auf das Herz eines der beiden Frösche bis zu 38 bis 40° C. erwärmtes Wasser geträufelt. Letzteres fiel bei seinem Ausflusse aus der Brustwunde auf untergestellte Eisstückchen.

Eine solche Versuchsanordnung ermöglichte es, den Herzschlag des Frosches, dessen Eigentemperatur annähernd 4° C. betrug, bis zu 30 bis 40 Schlägen in 1′ zu steigern, während bei dem Controlthiere die Zahl der Herzschläge nur 10 in 1′ betrug. In einer anderen Versuchsreihe liessen wir Eiswasser auf das Herz eines in ein Wasserbad von 33 bis 35° C. gesetzten Frosches fallen und konnten dadurch die Zahl der Herzschläge (von 60 Schlägen, wie bei dem Controlfrosche) bis auf 20 bis 25 Schläge herabsetzen.

Die nach diesem Plane vollführten Versuche zeigten, dass von zwei abgekühlten Fröschen die Farbe der Zunge bei demjenigen dreimal schneller blau wurde, dessen Herz durch das herabtröpfelnde warme Wasser erwärmt wurde und umgekehrt: von zwei erwärmten Fröschen trat bei demjenigen die blaue Färbung der Zunge fast zweimal langsamer ein, dessen Herz von dem herabtröpfelnden Eiswasser abgekühlt wurde.

Der gestellten Aufgabe suchten wir noch durch folgende Versuche näher zu treten. Wir reizten den N. vagus in dem Maasse, dass die Zahl während der ganzen Versuchsdauer sich auf 10 bis 15 in 1′ belief und fanden, dass die bläuliche Färbung der Zunge unter solchen Bedingungen viel langsamer eintritt, als ohne Vagusreizung.

Diese Experimente zeigen, dass der Herzschlag die Schnelligkeit der Aufsaugung unzweifelhaft beeinflusst und dass möglicherweise der ganze Einfluss der Temperatur auf den genannten Process zu allerletzt auf die Veränderungen der Herzthätigkeit zurückzuführen ist.

5. Experimente mit Durchschneidung des Pl. ischiadicus an derjenigen Extremität, in welche die Indigcarminlösung eingespritzt wurde, zeigten, dass unter der besagten Bedingung die Aufsaugung verlangsamt wird. Als Ursache dieser Verlangsamung ist das Ausbleiben der Bewegungen in der operirten Extremität anzusehen, denn reizt man in solchen Fällen den peripherischen Stumpf des Pl. ischiadicus, so wird kein Verzug in der Resorption bemerkt. Dieser Reiz beschleunigt die Resorption nicht etwa in Folge einer Einwirkung auf die Vasomotoren oder auf irgend welche anderen, den Aufsaugungsprocess direct beeinflussenden Nerven, sondern vielmehr deshalb, weil er Bewegungen auslöst, die, wie erwähnt, die Aufsaugung befördern. In der That, reizen wir den Pl. ischiadicus bei einem mit Curare vergifteten Frosche — das genannte Gift lässt in kleinen Dosen die Vasomotoren unbehelligt — so tritt die Färbung der Zunge binnen eines gleich langen Zeitraumes ein, wie auch ohne Reizung. Ein gleiches negatives Resultat erhält man auch in dem Falle, wenn man einem curarisirten Frosche das Rückenmark reizt. Die Aufsaugung erfolgt letztenfalls zwar langsamer, als bei dem normalen Frosche, jedoch durchaus nicht rascher, als bei dem curarisirten, dessen Rückenmark nicht gereizt wird.

6. Die Durchschneidung des Rückenmarkes an der Grenze der Med. oblongata verlangsamt die Aufsaugung; da indessen hierbei eine Herabsetzung der Herzthätigkeit (d. h. eine Verlangsamung und Schwächung der Herzschläge) einzutreten pflegt, so ist es unmöglich, in diesen Experimenten einen Beweis zu Gunsten des unmittelbaren Einflusses des Gehirns auf den Aufsaugungsprocess zu sehen. Wenigstens erfolgte in den Fällen, in welchen die Herzthätigkeit nicht verlangsamt war, die blaue Färbung der Zunge fast zu gleicher Zeit wie bei den Controlfröschen.

Bei Zerstörung des Rückenmarkes mittels der Sonde wird ein bedeutenderer Verzug in der Aufsaugung wahrgenommen als bei einfacher Durchschneidung desselben. Und war ist diese Verlangsamung nicht immer der der Herzschläge proportional. Da indess bei Fröschen mit zerstörtem Rückenmarke auch die Energie der Herzcontractionen sehr stark beeinträchtigt ist, so ist durch diese Experimente keineswegs bewiesen, dass das Centralnervensystem irgend einen unmittelbaren Einfluss auf die Schnelligkeit der Aufsaugung ausübt. Aus diesen Experimenten folgt nur der eine Schluss, dass die Aufsaugung, trotz der entgegengesetzt lautenden Behauptung von Goltz, auch ohne Betheiligung des Centralnervensystems stattfinden kann.

II.

Nachdem ich mittels der oben dargelegten Versuche sowohl die die Aufsaugung aus den Lymphsäcken befördernden als auch die entgegengesetzt auf dieselbe einwirkenden Bedingungen festgestellt habe, wende ich mich nun zur Lösung der zweiten Frage — auf welchem Wege die Indigcarminlösung aus den Lymphsäcken in das Blutgefässsystem gelangt, ob durch Vermittelung der Lymphherzen oder unmittelbar an dem Orte der Injection.

Ist die erste Voraussetzung richtig, so muss der Indigcarmin zuerst aus dem cruralen, anfangs in den femoralen Lymphsack und aus diesem erst in das entsprechende Lymphherz eindringen; excidirt man nun durch Zirkelschnitte einen ringförmigen Hautlappen an dem Oberschenkel, so wird eine Weiterbewegung der Lösung in dem femoralen Lymphsacke unmöglich gemacht und es müssten mithin die Farbenveränderungen an der Zunge ausbleiben. Indessen zeigte das Experiment, dass nach Ausschneiden des Hautringes die Aufsaugung nur auf 10′ verzögert wird; ein so geringer Verzug aber kann füglich ignorirt werden, zumal wenn man berücksichtigt, dass der Herzschlag bei dem Controlfrosche ein etwas schnellerer war, als bei dem operirten. Die Färbung der Zunge erfolgt auch in dem Falle, wenn der Schenkel durch eine Massenligatur umschnürt ist, wobei nur die Arterie, die Vene und der Nerv frei bleiben.

Bei Excision der hinteren Lymphherzen wurde in meinen Versuchen sogar eine Beschleunigung des Ueberganges der Indigcarminlösung aus dem Cruralsacke in die Blutbahn wahrgenommen. Im Vorhergehenden aber ist angegeben, dass die Aufsaugung auch bei mit Curare vergifteten Fröschen stattfindet, obgleich letzteres, gemäss den Versuchen von Claude Bernard, ebenso Boll und Langendorff, die Lymphherzen afficirt.

Alle diese Daten sprechen gegen irgend eine Betheiligung der Lymphherzen an dem Aufsaugungsprocesse aus den subcutanen Lymphsäcken.

Es erübrigt die Annahme, dass der Indigcarmin unmittelbar an der Injectionsstelle in das Blutgefässsystem übergeht. Und in der That, es wird bei einer vollständigen Unterbindung sämmtlicher, sowohl zu- als abführender Blutgefässe der Extremität, in welche die Injection des Indigcarmins gemacht wird, eine Resorption des letzteren aus dem cruralen Lymphraume vermisst. Und umgekehrt, je geringer die Zahl der unterbundenen Gefässe ist, desto schneller erfolgt die Aufsaugung. Bei Unterbindung der Femoralvene oder der Femoralarterie allein tritt die deutliche blaue Färbung der Zunge binnen zwei bis drei Stunden ein. Bei Unterbindung der Art. iliaca, der V. renalis adhaerens prim., abdominalis und bei Anlegung zweier Ligaturen an denjenigeu Abschnitt, der V. subcutanea magna, welche die von der lateralen Oberschenkelgegend herkommenden subcutanen Venen aufnimmt, bleibt die Zungenfärbung sogar an dem nächstfolgenden Tage aus. Dasselbe Resultat ergab auch die Unterbindung der Art. iliaca, der V. renalis adhaerens prim., femoralis et ischiadica und der an der Innen- und Aussenfläche des Oberschenkels hinziehenden Hautgefässe.

Geht der Indigcarmin an der Injectionssstelle selbst, d. h. ohne Betheiligung der Lymphherzen in die Blutgefässe über, so müssen wir bei Einspritzung desselben in den Cruralsack die Anwesenheit des besagten Farbstoffes zu allererst in dem Blute der Femoralvene unterhalb der Lymphherzen aufdecken. Die Experimente bestätigen diese Voraussetzung. Sie wurden nach folgender Methode ausgeführt. Ein grosser, etwa 120 ^{grm} wiegender Frosch wurde mit dem Rücken nach oben an eine Korkplatte mittels Nadeln angesteckt; in das peripherische Ende der Femoralvene wurde eine (rechtwinkelig) gebogene Glascanüle von entsprechender Grösse eingeführt und gleich darauf eine Injection von 0·4 ^{ccm} einer Indigcarminlösung in den cruralen Lymphsack gemacht. Das aus dem freien Ende der Canüle tropfenweise herabfallende Blut wurde auf Fliesspapier aufgefangen. Da das Blut ein wenig in das Papier eindringt, so bildet sich um den Blutstropfen herum ein leicht gelblicher oder ziegelfarbener Kreis, wenn das Blut normal ist. Aber mit dem allmählichen Eindringen der Indigcarminlösung in das Blut geht auch eine Farbenänderung der erwähnten

Kreise einher: die ursprünglich gelbliche Farbe derselben wurde anfangs bläulich, darauf deutlich blau und schliesslich intensiv blau. Fängt man zur selben Zeit das aus den Herzen abfliessende Blut auf dem Papiere auf, so bekommt man gelbliche oder ziegelfarbene Kreise. Hieraus erhellt, dass die Indigcarminlösung nicht vermittelst der Lymphherzen, sondern unmittelbar an dem Orte der Injection durch die Blutcapillaren in die Femoralvene gelangt.

Ich benutzte diese Methode zur Prüfung einiger, aus den oben beschriebenen Versuchen gewonnenen Resultate und ermittelte den Einfluss folgender Momente auf die Schnelligkeit der Aufsaugung:

1. der Durchschneidung des N. oder des Pl. ischiadicus an der der Injection gleichnamigen Körperseite,

2. der Durchschneidung des Rückenmarkes dicht unterhalb der Med. oblongata,

3. der Zerstörung des Rückenmarkes,

4. der Reizung des peripherischen Endes des Pl. ischiadicus,

5. der Reizung des peripherischen Querschnittes des unterhalb der Med. oblongata durchschnittenen Rückenmarkes,

6. der Curarisirung und endlich

7. der Reizung des peripherischen Stumpfes des Pl. ischiadicus bei curarisirten Fröschen.

Zur Reizung benutzte ich das mit 1 Grenet'schen Elemente geladene Inductorium von du Bois-Reymond, wobei der Spiralenabstand 150 ^{mm} betrug. Die 20 bis 30 Secunden lang anhaltenden Reizungsperioden wechselten mit eben so langen Ruhepausen ab.

Die unten angeführten Experimente veranschaulichen die von mir erhaltenen Resultate. Die in Columne 3, 4 und 5 der Tabelle angebenen Zahlen zeigen, wieviel Minuten nach dem Momente der Einführung des Indigcarmins in den cruralen Lymphsack vergangen waren, als das aus der Canüle herabtröpfelnde Blut die bläulichen, die deutlich blauen und die intensiv blauen Kreise auf dem Papier zu geben begann.

Hieraus ist ersichtlich, dass die Durchschneidung des Pl. ischiadicus keinen wesentlichen Einfluss auf die Schnelligkeit der Aufsaugung hat; und wenn hierbei eine geringe Verlangsamung der Aufsaugung bemerkt wird, so ist dies leicht aus dem Ausbleiben der Bewegungen in der operirten Extremität zu erklären. Zu Gunsten dieser Erklärung spricht Versuch XVII, in welchem die Reizung des Pl. ischiadicus keine Bewegungen auslöste und daher auch die Aufsaugung nicht im mindesten beschleunigte. Bei den

Nr. des Versuches	Zustand des Versuchsthieres oder die an demselben vollführte Operation	Bläuliche Färbung	Deutlich blau	Intensiv blau	Bemerkungen
X	Normaler Frosch	7	8	14	
XI	Durchschneidung des N. ischiadicus	6	15	—	Die Herzschläge am Ende des Versuches betragen 14 Schläge in 1′
XII	Durchschneidung d. Rückenmarkes	40	50	70	
XIII	Zerstörung des Rückenmarkes	25	27	57	
XIV	Reizung des Pl. ischiadicus	6	9	—	
XV	Reizung des Rückenmarkes	9	12	—	
XVI	Curarisirung des Frosches	12	20	—	
XVII	Reizung des Pl. ischiadicus bei dem curarisirten Frosche	16	24	—	

Fröschen, deren Rückenmark durchschnitten oder zerstört ist, tritt die blaue Färbung der Zunge später ein als bei dem Controlfrosche. Es erklärt sich dies 1) aus der Schwächung der Herzaction und 2) aus dem Unterbleiben der Bewegungen. Werden letztere aber durch Reizung des Rückenmarkes hervorgerufen, so wird die Aufsaugung beschleunigt (Versuch XV).

Aus den vorstehenden Mittheilungen über die Aufsaugung aus den Lymphsäcken lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

1. Die Indigcarminlösung dringt aus den Lymphsäcken unmittelbar an dem Orte der Injection, ohne irgend eine Betheiligung der Lymphherzen, in die Blutcapillaren ein.

2) Temperaturerhöhung, Beschleunigung des Herzschlages und Bewegungen des Thieres beschleunigen die Aufsaugung, die entgegengesetzten Momente aber verlangsamen dieselbe.

3. Die Aufsaugung kann ohne Betheiligung des Centralnervensystems stattfinden. Letzteres übt auf die Schnelligkeit der Resorption nur einen indirecten Einfluss aus, indem es nämlich die Herzaction verändert oder die Bewegungen derjenigen Extremität beeinflusst, in welche die Indigcarminlösung eingeführt wurde.

Nun fragt es sich, auf welche Weise der Indigcarmin aus den Lymphsäcken in die capillaren Blutgefässe gelangt? Der Weg der Filtration ist schon *a priori* auszuschliessen, da man bei dieser Voraussetzung zulassen müsste, dass der in den Capillaren herrschende Druck ein geringerer sei, als in den umgebenden Lymphsäcken. Aber sollte sich eine solche Erscheinung wirklich geltend machen, so wird auch dann keine Filtration erfolgen, weil bei dem stärkeren Aussendruck die Capillaren selbst comprimirt

würden. Es bleibt mithin nur die Voraussetzung übrig, dass die Aufsaugung auf dem Wege der Diffusion oder, wie Goltz meint, mit Hülfe einer activen Thätigkeit der Endothelzellen stattfindet. Diese Alternative lässt sich im gegebenen Falle nicht auf experimentellem Wege entscheiden. Selbst wenn es gelänge', den Indigcarmin in den Endothelzellen zu fixiren, so bliebe dennoch die Frage ungelöst, wie derselbe in die Zellen eingedrungen sei, ob durch Diffusion oder kraft der Lebenseigenschaften der Zellen. Behufs Begründung seiner Voraussetzung weist Goltz auf die innige Abhängigkeit des Aufsaugungsprocesses von dem Rückenmarke hin; da aber aus den von mir angeführten Experimenten keine solche Abhängigkeit ersichtlich ist, so liegt auch kein zwingender Grund vor, der hypothetischen Erklärung des genannten Autors beizupflichten. Sämmtliche von mir angeführten, die Aufsaugung beeinflussenden Momente lassen sich auch unter der Voraussetzung erklären, dass der von uns besprochene Process nach den Gesetzen der Diffusion vorgehe. In der That, je energischer der Blutumlauf und je schneller mithin der Blutwechsel in den Gefässen ist. in welche der Indigcarmin diffundirt, desto schneller wird der Farbstoff resorbirt werden und sich in dem Blutgefässsystem verbreiten. Hieraus lässt sich die Abhängigkeit der Aufsaugung von dem Herzschlage und den Bewegungen des Thieres erklären. Die Einflüsse der Temperatur, der Durchschneidung und Reizung verschiedener Abschnitte des Nervensystems lassen sich, wie bereits erwähnt, schliesslich auf die Veränderungen der Herzaction und der Bewegungen des Thieres zurückführen. Je schwächer der Blutumlauf in der Extremität ist, in welche der Indigcarmin injicirt wurde, desto langsamer erfolgt die Aufsaugung. Durch diesen Umstand ist auch die bei unvollständiger Unterbindung der Blutgefässe auftretende Verlangsamung der Resorption zu erklären.

Bei einer solchen Ansicht über die Sache könnte es anfangs scheinen, dass an der Zunge sowohl als auch an den serösen Membranen, welche die Lymphsäcke des Rumpfes bekleiden, die blaue Färbung ausbleiben müsste, wenn wir den Indigcarmin in den cruralen Lymphsack eines Frosches einführen, dessen Aorta unterbunden ist; indess zeigen die im nächstfolgenden angeführten Versuche, dass die Färbung auch hier erfolgt. Einem Frosche wurde der Bulbus aortae unterbunden und darauf in den cruralen Lymphsack eine Lösung von indigschwefelsaurem Natron eingeführt. Von 9 Versuchen, die ich notirt, trat in dreien die blaue Färbung (nach Verlauf von 3 bis 6 Stunden) an der Zunge und an der Serosa des dorsalen Lymphsackes ein; das dem Herzen entnommene Blut gab gleichfalls die blauen Kreise auf dem Papiere. In vier Fällen nahm (nach Verlauf von sechs Stunden) nur die Serosa des dorsalen Lymphraumes die blaue Farbe an. In den übrigen Fällen wurde (nach 4 bis 20 Stunden) die nämliche Er-

scheinung constatirt und ausserdem gab das aus dem Herzen genommene Blut die blauen Kreise auf dem Papiere.[1]

Solche Resultate werden nur dann erzielt, wenn die Frösche nicht an die Korkplatte angebunden, sondern frei gelassen (unter einer Glasglocke) sind. Selbstverständlich müssen zu diesen Versuchen möglichst kräftige Frösche genommen werden. Indessen widersprechen die eben beschriebenen Versuche nur scheinbar der oben von mir gegebenen Erklärung des Aufsaugungsprocesses. Es ist durchaus kein Grund vorhanden zu der Behauptung, dass das Blut sich in einem vollkommenen Ruhezustande befinde, wenn dem Frosche der Bulbus aortae unterbunden worden ist. Die Ruhe des Blutes kann theils durch die rhythmischen Gefässcontractionen, theils durch die Bewegungen des Thieres gestört werden.

Aus den Versuchen ist ersichtlich, dass die Aufsaugung nur an kräftigen Fröschen und auch an solchen nur in dem Falle beobachtet wird, wenn sie nicht an die Korkplatte angebunden sind. Unter dem Einflusse der beiden genannten Factoren dringt der Indigcarmin durch Diffusion in die Capillaren ein, gelangt von hier in den venösen Herzsinus und wird dann durch die Contractionen dieses letzteren auch in solche Venen getrieben, wo der Farbstoff nicht zugegen war, z. B. in die oberen Hohlvenen und in die Verzweigungen derselben. Für die Betheiligung der Contractionen des Sinus venosus an der Weiterverbreitung des Indigcarmins spricht der folgende Versuch: wird die Ligatur nicht an den Bulbus aortae, sondern an den Sinus venosus, den Hohlvenen näher, angelegt, so tritt weder an der Zunge noch an der den dorsalen Lymphsack auskleidenden Serosa eine Färbung ein; der Indigcarmin dringt nur in die Abdominalvene und in deren Seitenverästelungen ein.

[1] Die Frösche befanden sich am Ende des Versuches in dem Zustande der Prostration und nur durch starke Reize gelang es, bei ihnen Bewegungen hervorzurufen.

Das Verhalten der Harnabsonderung während der Nacht.

Von

Dr. med. et phil. C. Posner.

(Aus dem Laboratorium der Dr. Lassar'schen Privatklinik in Berlin.[1])

Die Thatsache, dass die normale Harnblase unter gewissen Umständen Wasser und gelöste Stoffe zu resorbiren vermag, scheint, entgegen früheren Annahmen durch die Arbeiten der jüngsten Zeit, von denen ich nur die sorgsam überdachten und ausgeführten Untersuchungen Herbert Ashdowns[2] erwähne, völlig sicher gestellt zu sein. Anders aber liegt die Frage, ob solche Resorption eine physiologische Function sei, ob unter den gewöhnlichen Lebensbedingungen der einmal in die Blase getretene Urin noch irgend welche Veränderungen erfahre. Von vielen Seiten ist man trotz des Widerspruchs, den z. B. Cohnheim gegen diese Anschauung erhob, geneigt, diese Frage zu bejahen; und als Beispiel weist man gerne auf die Unterschiede hin, welche der Morgenharn — die Urina noctis — dem Tagesharn gegenüber darbietet: Die meist erheblich stärkere Concentration des ersteren scheint sich, wie zuerst Brücke betonte, zwanglos zu erklären, wenn man annimmt, dass der Harn bei dem langen nächtlichen Verweilen in der Blase reichlich Wasser abgiebt, dass also im Beginn der Nacht ein dünner Harn in die Blase tritt, der allmählich eingedickt wird.[3]

Hat nun freilich auch schon Quincke in einer kurzen Mittheilung[4] den exacten Nachweis geliefert, dass das gekennzeichnete Verhalten des Nachtharns auch anders gedeutet werden kann, nämlich als einfache Folge des Schlafes, der wie andere Functionen auch die der Niere zu beeinträch-

[1] Nach einem in der physiologischen Gesellschaft zu Berlin am 1. Juli 1887 gehaltenen Vortrage.

[2] On absorption from the mucous membrane of the urinary bladder. *Journal of Anatomy and Physiology.* January 1887.

[3] Vergl. z. B. Landois, *Physiologie.* S. 470. — Loebisch, *Harnanalyse.* S. 13.

[4] *Archiv für experimentelle Pathologie.* Bd. III.

tigen vermöge, so dürfte die Grundfrage doch bis heute noch als unerledigt gelten. Es erschien mir daher zweckmässig, ihr in einer neuen Versuchsanordnung näher zu treten, die gleichzeitig auch über einige andere Punkte der nächtlichen Harnabsonderung Aufschluss zu geben versprach.

Hatte sich Quincke begnügt, die nächtliche Harnabsonderung dadurch zu beeinflussen, dass er seine Versuchspersonen mehr oder weniger lange Zeit schlafen liess, so unterbrach ich den Schlaf künstlich, um zu eruiren, was für ein Harn sich im ersten Theil der Nacht in der Blase befand: traf die Resorptionstheorie zu, so musste man dann einen erheblich dünneren Urin finden, als sonst am Morgen; und, wenn auch solches Verhalten seinerseits jene Annahme noch nicht bewies, so musste seine etwaige Umkehr dieselbe jedenfalls vollkommen erschüttern.

Als erstes Versuchsobject diente mir ein Patient der Dr. Lassar'schen Klinik, der in der Reconvalescenz nach einer kleinen Operation befindlich, eigens zu diesem Behufe etwas länger im Hause behalten wurde; sein Urin war völlig normal und enthielt namentlich weder Eiweiss noch Zucker, — auf welchen Verdacht man wohl durch die öfters auffallend hohen spec. Gew. gelenkt werden könnte. In einer 9tägigen Vorversuchsperiode wurde die Menge und das specifische Gewicht bestimmt und mit Hülfe des Trapp-Haeser'schen Coëfficienten die Menge der festen Bestandtheile abgeschätzt. Darauf folgte ein 12tägiger Versuch, während dessen Patient — mit 2maliger Ausnahme — allnächtlich um 2 oder 3 Uhr sich erhob und urinirte; dieser Harn sowie der dann Morgens um 7 Uhr entleerte wurden getrennt aufbewahrt und untersucht. Die Ernährungsverhältnisse blieben während der Versuchsdauer annähernd im Gleichen. Die folgende Tabelle giebt die Resultate dieses ersten Versuches.

Tabelle I.

A. Vorversuch

Datum.	Zeit.	Harnmenge in Ccm.	Specifisches Gewicht.	Feste Bestandtheile.
13. IV	7 h	330	1025	19·2
14. IV	7 h	450	1012	10·8
15. IV	7 h	510	1012	12·2
16. IV	7 h	360	1021	17·6
17. IV	7 h	370	1025	21·5
18. IV	7 h	490	1028	31·4
19. IV	7 h	400	1025	23·2
20. IV	7 h	480	1020	22·6
21. IV	7 h	450	1020	21·6
	9 täg. Mittel:	427	1020·7	19·8

B. Versuch.

Datum.	Zeit.	Harnmenge in Ccm.		Specifisches Gewicht		Feste Bestandtheile.	
22. IV	2 h 7 h	70 330	400	1030 1021	1022·5	4·9 16·2	21·1
23. IV	2 h 7 h	90 360	450	1024 1021	1022·5	5·0 17·6	22·6
24. IV	2 h 7 h	? ?		1025 1021		? ?	
25. IV	7 h	?		1020		?	
26. IV	2 h 7 h	280 410	690	1016 1012	1014	8·9 9·8	18·7
27. IV	3 h 7 h	210 260	470	1025 1021	1023	12·4 12·7	25·1
28. IV	7 h	?		1025		?	
29. IV	2 h 7 h	180 210	390	1030 1027	1028	12·6 13·0	25·6
30. IV	3 h 7 h	500 400	900	1021 1015	1018	24·4 12·0	36·5
1. V	2 h 7 h	100 600	700	1027 1016	1018	6·2 19·2	25·4
2. V	2 h 7 h	90 400	490	1034 1027	1028	7·1 24·8	31·9
3. V	2 h 7 h	70 510	580	1031 1010	1012·5	5·0 10·2	15·2
	9täg. Mittel:	563		1019·7		24·7	

Es lehren diese Zahlen mit aller Sicherheit, dass von einer nächtlichen Resorption hier keine Rede sein kann. In sämmtlichen 10 Nächten übertrifft der erste Harn deutlich, öfters sehr erheblich den zweiten an Dichtigkeit, bleibt aber an Menge fast stets dahinter zurück, so dass auch die Menge der im ersten Theil der Nacht abgeschiedenen festen Bestandtheile geringer ist als die in der zweiten Harnperiode vorhandene. Weiter aber fällt auf, dass hier — obwohl die Bedingungen unter denen Patient lebte, wie erwähnt, annähernd dieselben blieben — sowohl die Harnmenge, wie auch die Menge der festen Bestandtheile beim Versuch stiegen: es hatte also den Anschein, als wirke die Unterbrechung diuretisch — in Uebereinstimmung mit dem Resultat Quincke's, dass das Wachen die Harnsecretion steigert. Das mittlere specifische Gewicht (unter Berücksichtigung der relativen Mengen berechnet) war dabei etwas gefallen.

War also die erste Frage damit schon im negativen Sinne erledigt, so boten sich doch nun hier eine Reihe weiterer Punkte dar, zu deren Aufklärung eine Ausdehnung der Beobachtung wünschenswerth erschien. Ich benutzte daher die mir durch das dankenswerthe Entgegenkommen des Hrn. Geh.-Rath Lewin gebotene Gelegenheit, auch an einigen Insassen der syphilitischen Abtheilung der Charité derartige Beobachtungen anzustellen, die dort unter absolut strenger Disciplin durchführbar und daher ganz besonders gut verwerthbar waren. Dank der ausgestellten Nachtwache war hier sogar eine Theilung der Nacht in 3 gleiche Theile zu erzielen: der Schlaf wurde regelmässig um 1 und um 4 Uhr unterbrochen, so dass 3 dreistündige Perioden (10—1, 1—4, 4—7) resultirten.

In den folgenden Tabellen finden sich die Versuchsergebnisse an 3 (nur local erkrankten) Puellis publicis angegeben:

Tabelle II.

(Rheinländer.)

A. Vorversuch.

Datum.	Zeit.	Harnmenge in Ccm.	Specifisches Gewicht.	Feste Bestandtheile.
9. VI	7 h	680	1014	19.0
10. VI	7 h	480	1019	21·1
	2 täg. Mittel:	580	1016	20·0

B. Versuch.

Datum.	Zeit.	Harnmenge in Ccm.		Specifisches Gewicht.		Feste Bestandtheile.	
11. VI	1 h	170	600	1023	1020	9·1	25·9
	4 h	160		1020·5		7·6	
	7 h	270		1017		9·2	
12. VI	1 h	270	970	1023	1018	14·5	38·6
	4 h	240		1020		11·2	
	7 h	460		1014		12·9	
13. VI	1 h	250	470	1021	1019	12·2	24·2
	4 h	110		1019		4·9	
	7 h	210		1017		7·1	
14. VI	1 h	280	670	1017	1018	9·5	23·5
	4 h	140		1020		6·5	
	7 h	250		1015		7·5	
	4 täg. Mittel:	677		1018·6		28·1	

C. Nachversuch.

Datum.	Zeit.	Harnmenge. in Ccm.	Specifisches Gewicht.	Feste Bestandtheile.
15. VI	7 h	690	1015	20·7
16. VI	7 h	580	1015	17·4
	2 täg. Mittel:	635	1015	19·0

Die Uebereinstimmung der Ergebnisse mit den Befunden in Tabelle I ist evident. In den 3 ersten Versuchsnächten ist die Abnahme des Harngewichts im Lauf der Nacht constant; in der letzten übertrifft freilich die zweite Portion die erste, der Morgenharn ist aber auch hier der dünnste von allen. Ebenso deutlich ist die Zunahme des mittleren Urinquantums und der festen Bestandtheile — auch das mittlere specifische Gewicht ist hier etwas gestiegen. Unmittelbar nach Schluss des Versuchs kehrt alles wieder auf den vorherigen Stand zurück.

Tabelle III.

(Balzer.)

A. Vorversuch.

Datum.	Zeit.	Harnmenge in Ccm.	Specifisches Gewicht.	Feste Bestandtheile.
7. VI	7 h	260	1022	13·3
8. VI	7 h	160	1025	8·3
9. VI	7 h	160	1025	8·3
10. VI	7 h	280	1022	14·4
	4 täg. Mittel:	215	1023	11·1

B. Versuch.

Datum.	Zeit.	Harnmenge in Ccm.		Specifisches Gewicht		Feste Bestandtheile.	
11. VI	1 h	80	265	1024	1023	4·4	14·1
	4 h	70		1025		4·1	
	7 h	115		1022		5·6	
12. VI	1 h	220	570	1012	1014	5·3	16·1
	4 h	160		1016		5·1	
	7 h	190		1015		5·7	
13. VI	1 h	120	400	1025	1022	7·0	20·2
	4 h	90		1021		4·4	
	7 h	190		1020		8·8	
14. VI	1 h	110	270	1017	1019	3·7	11·2
	4 h	60		1020		2·8	
	7 h	100		1020		4·7	
	4 täg. Mittel:	376		1019		15·4	

C. Nachversuch.

Datum.	Zeit.	Harnmenge in Ccm.	Specifisches Gewicht.	Feste Bestandtheile.
15. VI	7 h	200	1019	8·9
16. VI	7 h	230	1024	12·9
	2 täg. Mittel:	215	1021·5	10·8

Dieser Fall zeigt 2 Mal eine Abweichung von der Regel; die auffallende Zunahme des Harnquantums mit Verringerung des specifischen Gewichts am 12. VI. schien in Verbindung zu stehen mit dem abendlichen Genuss von Häringen und darauf folgendem erheblicheren Durst — es ist ganz selbstverständlich, dass eine sehr erhöhte Wasseraufnahme doch auch während des Schlafes zur Steigerung der Diurese führen kann. Die Steigerung der mittleren Menge und der festen Bestandtheile ist auch hier augenfällig — ebenso die rasche Rückkehr zur Norm nach Schluss des Versuches.

Tabelle IV.
(Ziehe)

A. Vorversuch.

Datum.	Zeit.	Harnmenge in Ccm.	Specifisches Gewicht.	Feste Bestandtheile.
7. VI	7 h	240	1022	12·3
8. VI	7 h	210	1027	13·4
9. VI	7 h	500	1016	11·5
10. VI	7 h	310	1022	15·9
	4 täg. Mittel:	315	1020·5	13·5

B. Versuch.

Datum.	Zeit.	Harnmenge in Ccm.		Specifisches Gewicht.		Feste Bestandtheile.	
11. VI	1 h	80	300	1030	1026	5·4	18·2
	4 h	90		1026		5·5	
	7 h	130		1024		7·3	
12. VI	1 h	40	270	1017	1016	1·3	8·7
	4 h	30		1016		1·0	
	7 h	200		1010		6·4	
13. VI	1 h	130	470	1025	1020	7·6	16·5
	4 h	30		1021		1·4	
	7 h	220		1017		7·5	
14. VI	1 h	80	630	1030	1014·5	5·4	20·1
	4 h	90		1026		5·5	
	7 h	460		1010		9·2	
	4 täg. Mittel:	418		1018		15·8	
	(3 täg. Mittel ohne die Ergebnisse vom 12. VI.)	466		1019		18·2	

C. Nachversuch.

Datum.	Zeit.	Harnmenge in Ccm.	Specifisches Gewicht.	Feste Bestandtheile.
15. VI	7 h	390	1024	21·8
16. VI	7 h	490	1012	13·5
	2 täg. Mittel:	440	1017	17·6

Soweit das Verhältniss der Harnportionen innerhalb der einzelnen Nächte in Frage kommt, ist dieser Versuch völlig regulär — es darf namentlich auf den enormen Abfall von 1030 auf 1010 in der Nacht zum 14. VI. hingewiesen werden. Beachtenswerth aber ist hier die plötzliche Verminderung des specifischen Gewichts sowohl wie der festen Bestandtheile in der Nacht zum 12. VI.: sie erklärt sich durch das (unvermuthete) Eintreten der Menstruation; dieselbe dauerte nur einen Tag an, am 13. VI. war bereits eine Steigerung eingetreten, und es scheint, dass diese vermehrte Secretion auch noch die Versuchsdauer um einen Tag überstieg — erst am 16. VI. war die Menge der festen Bestandtheile auf den Durchschnitt der Vorversuchstage gefallen. Aus oben erwähntem Verhalten erklärt sich auch, warum die Mengenzunahmen während des Versuches nicht so bedeutend waren wie sonst — berechnet man, nach Abzug des Menstruationstages das 3tägige Mittel, so ist das Plus ein ausserordentlich erhebliches. —

Weiter untersuchte ich dann noch, durch Hrn. Stabsarzt Dr. Dippe aufmerksam gemacht, einen Fall, der an sich keine Beweiskraft, durch die Bedingungen, unter denen er sich befand, aber besonderes Interesse haben dürfte. Es handelte sich um einen Patienten, der unter dem Einfluss einer Entziehungskur nur sehr geringe tägliche Harnmengen darbot, — dieselben schwankten von 500—700 und der Harn hatte stets ein sehr erhöhtes specifisches Gewicht, zudem befand sich Patient meist in Bettruhe. Da Patient überhaupt sehr wenig Harndrang hatte, so musste man sich mit einer Schlafunterbrechung um 2 Uhr begnügen.

Tabelle V.
(X.)
A. Vorversuch.

Datum.	Zeit.	Harnmenge in Ccm.	Specifisches Gewicht.	Feste Bestandtheile.
20. VI	7 h	320	1030	22·4
21. VI	7 h	250	1030	17·5
22. VI	7 h	170	1025	8·9
23. VI	7 h	175	1028	11·0
	4 täg. Mittel:	227	1028	15·2

B. Versuch.

Datum.	Zeit.	Harnmenge in Ccm.		Specifisches Gewicht.		Feste Bestandtheile.	
24. VI	2 h 7 h	30 140	170	1032 1027	1028	2·3 8·7	12·0
25. VI	2 h 7 h	50 180	230	1026 1026	1026	3·0 10·9	13·9
26. VI	2 h 7 h	75 180	255	1030 1030	1030	5·4 12·5	17·9
27. VI	2 h 7 h	40 65	105	1010 1030	1023·5	0·8 4·5	5·3
28. VI	2 h 7 h	30 225	255	1017 1025	1024	1·0 12·8	13·8
29. VI	2 h 7 h	85 195	280	1030 1030	1030	5·9 13·2	19·1
	6täg. Mittel:	216		1027		13·6	

Auch in diesem Falle war wenigstens der Nachweis zu erbringen, dass Resorption in der Blase ausgeschlossen sei — in 3 von 6 Nächten wog die erste Harnportion ebensoviel, 1 Mal mehr, — 2 Mal allerdings auffallend viel weniger als die zweite. Wie diese beiden Ausnahmen zu erklären sind, wage ich nicht zu sagen — gegen jede Möglichkeit einer Resorption spricht sicherlich die ausserordentlich geringe Menge der ersten Portion; notiren will ich aber, dass diese beiden Nächte die einzigen waren, an denen Patient Abends zuvor einige Stunden im Garten verbracht hatte: als wir auf die Möglichkeit eines Zusammenhanges damit aufmerksam wurden, blieb Patient am 28. VI. Abends im Bett — und sofort trat das frühere Verhalten wieder ein. Beachtenswerth ist weiter, dass allein in diesem Falle die Harnmenge und die festen Bestandtheile keine Vermehrung, sondern sogar eine geringe Abnahme erfahren haben.

Darf man nun aus obigen Versuchen den Schluss ziehen, dass im Laufe der Nacht anfangs ein schwerer und spärlicher, allmählich ein immer dünnerer und leichterer Harn abgesondert werde, so tritt man damit in Widerspruch gegen Folgerungen, die aus einem anderen Verhalten von Edlefsen abgeleitet worden sind: Edlefsen[1] war darauf aufmerksam geworden, dass der Morgenharn nach langer Nachtruhe eine Schichtung innerhalb der Blase erkennen lässt: urinirt man in aufrechter Stellung portionenweise in 3 Gläser, so enthält das erste — die tiefste Schicht — den schwersten Harn, die beiden folgenden einen immer leich-

[1] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. II u. Bd. VII.

teren. Er nahm zur Erklärung dieses Verhaltens an, dass der erste Nachtharn der leichteste sei, und gegen Morgen zu durch den immer concentrirter werdenden Morgenharn allmählich in die Höhe gehoben werde: beim Uriniren fliesst zuerst der unterste — letzte — Harn aus der Blase ab. Diese Vorstellung entspricht — wie Quincke betont — ja auch der verbreiteten Annahme, dass die Wasserabsonderung der Niere wesentlich eine Function des Blutdruckes sei — im Beginn der Nacht wirke noch die letzte Geträнkaufnahme mit, während später durch die mangelnde Wasserzufuhr eine immer deutlicher werdende Concentration des Urins eintrete.

Soviel mir bekannt, haben Edlefsen's Versuche bisher eine Nachuntersuchung nicht erfahren, so bemerkenswerth doch immerhin dies von ihm aufgefundene Verhalten erscheint. Ich will daher zunächst hervorheben, dass ich seine Angaben im Wesentlichen zu bestätigen vermag. An einigen aufeinanderfolgenden Tagen habe ich (an mir selber) die Versuche wiederholt und dabei folgende Resultate erhalten.

Tabelle VI.

Datum.	Stunde.		Harnmenge in Ccm.	Specifisches Gewicht.	Abendl. Getränkeaufnahme.
17. VI.	7·30	I	80	1020	1·2 Liter Bier
		II	110	1018	
		III	160	1013	
18. VI.	6·45	I	55	1032	1 Liter Bier.
		II	80	1031	
		III	70	1031	
19. VI.	7·40	I	45	1025	1 Liter.
		II	150	1023	
		III	220	1022	
20. VI.	7·20	I	65	1035	1/3 Liter.
		II	67	1034	
		III	20	1034	
21. VI.	7·30	I	45	1020	1 Liter.
		II	70	1019	
		III	320	1011	
22. VI.	8	I	40	1023	2·5 Liter.
		II	85	1022	
		III	280	1011	
23. VI.	7·30	I	40	1030	1/3 Liter.
		II	70	1030	
		III	40	1030	

Es hat sich also unter 7 Versuchstagen 4 Mal überaus deutlich, 2 Mal weniger ausgesprochen, 1 Mal nicht die Abnahme des specifischen Gewichts in den zuletzt entleerten Harnportionen gezeigt, und es darf wohl darauf hingewiesen werden, dass die Unterschiede da am augenfälligsten waren, wo die Getränkezufuhr Abends die reichlichste war, bei geringem Biergenuss aber mehr verschwanden. Diese Erscheinung wäre mit Edlefsen's Annahme gewiss in Einklang zu bringen — dennoch zwingen uns die oben mitgetheilten Befunde zur Zurückweisung derselben. Wir haben vielmehr gesehen, dass die Harnsecretion gegen Morgen zu erheblich zunimmt — eine Erscheinung, auf die Quincke zuerst aufmerksam gemacht hat und die er unter dem Namen der „morgendlichen Harnflut“ beschrieb.

Will man daher an der Vorstellung festhalten, dass die Unterschiede der einzelnen Portionen einer physiologischen Schichtung in der Blase selbst entsprechen, so muss man annehmen, dass der leichte Morgenharn durch den schwereren Nachtharn hindurch in die Höhe steigt — ein Verhalten das physikalisch gewiss ebenso denkbar ist, wie das Emporheben leichter Flüssigkeitsschichten durch schwere. Der experimentelle Nachweis hierfür ist mir freilich bisher noch nicht geglückt. Die naheliegende Vorstellung, dass in der Blase selbst eine einfache Sonderung der schwersten Theile nach unten hin statthabe, ist nicht stichhaltig: ich habe mich durch Versuche mit Harnen und Salzlösungen davon überzeugt, dass selbst nach 48stündigem Stehen keine bemerkenswerthe Differenz im specifischen Gewicht zwischen hohen und tiefen Schichten besteht.

Endlich aber scheint mir die Möglichkeit der Erwägung werth, dass gerade während des Urinirens die „morgendliche Harnflut“, durch das Erwachen und Aufstehen, sowie vielleicht auch durch die Blasenthätigkeit selber besonders angeregt, in Action tritt und in die sich entleerende Blase eine beträchtliche Menge leichten Urins eintreten lässt.

Die aus obigen Untersuchungen gezogenen Folgerungen dürfen selbstverständlich nur im Allgemeinen Gültigkeit beanspruchen. Das Vorkommen einzelner Ausnahmen kann nicht befremden, „wenn man bedenkt, von wie verschiedenen, uns noch unbekannten Momenten die Harnabsonderung beeinflusst wird“ (Quincke); inzwischen können folgende Sätze wohl ohne Einschränkung als Ergebnisse hingestellt werden:

1. Der Harn erleidet während seines nächtlichen Verweilens in der Blase keinen Wasserverlust durch Resorption.

2. Die beträchtliche Concentration des Morgenharnes ist als Folge der herabgesetzten Nierensecretion während des Schlafes aufzufassen.

3. Gegen Morgen zu wird ein immer verdünnterer Harn abgeschieden (Quincke's „morgendliche Harnflut"). Unterbrechung des Schlafes steigert die Harnabsonderung.

4. Die von Edlefsen beobachtete Schichtung des Harnes in der Blase kommt nicht dadurch zu Stande, dass ein concentrirterer Morgenharn den leichteren Nachtharn in die Höhe hebt, sondern eher umgekehrt, indem leichter Morgenharn durch den schweren Nachtharn hindurch emporsteigt.

Experimentelle Untersuchungen zur Amblyopiefrage.

Von

Dr. F. C. Müller-Lyer.

Die Mannigfaltigkeit der klinischen Bilder, welche den verschiedenen Amblyopieformen zugehören, muss die Vermuthung erwecken, dass die denselben zu Grunde liegenden pathologisch-physiologischen Zustände verschiedenartiger Natur sind. Es entsteht deshalb die Frage, ob man nicht durch Herstellung einiger der physiologischen Zustände, unter deren Einfluss die Erregbarkeit des Sehorgans vermindert ist, experimentell am normalen Auge zu ähnlichen Erscheinungsgruppen kommen kann, wie sie für die eine oder andere der Amblyopien charakteristisch sind, um alsdann durch Rückschluss ein Verständniss des physiopathologischen Wesens der Erkrankung zu gewinnen.

Mit der Beantwortung dieser Frage beschäftigen sich die folgenden Mittheilungen.

Als Zustände verminderter Erregbarkeit werden der Untersuchung unterzogen:

1. der Zustand der einfachen Verminderung der Leistungsfähigkeit, die einfache Schwäche,
2. der Zustand während der Reizung,
3. der Zustand nach der Reizung.

Für einen jeden dieser Zustände wird eine systematische Prüfung der Function des Auges vorgenommen und zwar:

1. der Unterschiedsempfindlichkeit,
2. der Sehschärfe,
3. des Farbensinnes und
4. des peripheren Sehens.

I. Das Sehen bei einfacher Functionsverminderung.

Die Versuchsbedingungen dieses ersten Falles erforderten, den Gesichtssinn der Art zu beeinflussen, dass dessen gesammte Leistungsfähigkeit auf jeden beliebigen Werth herabgesetzt würde. Eine derartige Beeinflussung ist nun nicht ausführbar; aber die Veränderungen, welche das Sehen bei der Functionsverminderung erleidet, können dennoch in sehr einfacher Weise experimentell untersucht werden. Ob nämlich bei gleichbleibender Reizgrösse die Leistungsfähigkeit des Sinnes um einen gewissen Bruchtheil eingebüsst hat, oder ob bei gleichbleibender Leistungsfähigkeit die Grösse des Reizes um einen entsprechenden Bruchtheil vermindert wird, dies hat offenbar für die Wahrnehmbarkeit des Reizes denselben Effect: die Erscheinungen der einfachen Schwäche des Auges werden wesentlich dieselben sein, wie die des normalen Auges bei entsprechender Abschwächung der Reize.

Es ist somit unsere nächste Aufgabe, das Verhalten der Unterschiedsempfindlichkeit, der Sehschärfe, des Farbensinnes und des peripheren Sehens bei abnehmender Beleuchtung festzustellen.

1. Unterschiedsempfindlichkeit.

Die Frage nach dem Verhalten der Unterschiedsempfindlichkeit bei verschiedener Beleuchtungsintensität ist identisch mit der Frage nach der Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes für den Gesichtssinn.

Das Weber'sche Gesetz lautet bekanntlich: Ein Unterschied zweier Reize wird immer als gleich gross empfunden, wenn sein Verhältniss zu den beiden Reizen, zwischen denen er besteht, dasselbe bleibt, wie sich auch seine absolute Grösse ändere.

Da man nun die Unterschiedsempfindlichkeit durch den kleinsten eben noch merklichen relativen Unterschied misst, d. h. den Unterschied bezogen auf einen der beiden Reize, so würde nach diesem Gesetze die Unterschiedsempfindlichkeit von der absoluten Intensität der Beleuchtung unabhängig sein, sie würde bei jedem Grade der Verdunkelung dieselbe bleiben. Damit wäre unsere Frage beantwortet, wenn thatsächlich die Versuchsergebnisse zu dem Gesetz stimmten; dies ist aber nicht der Fall.

Die vielfachen Untersuchungen[1] über diesen Gegenstand haben ergeben, dass die Unterschiedsempfindlichkeit von der absoluten Reizstärke nicht unabhängig ist, vielmehr, wenn man von minimalen zu hohen Reiz-

[1] Litteratur bei Kraepelin, Zur Frage der Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes bei Lichtempfindungen, *Philosophische Studien* von W. Wundt. 1885. Bd. II. S. 306. — Ferner: Charpentier, *Comptes rendus* etc. 9 Févr. 1885. t. CI.

stärken allmählich fortschreitet, zunächst verhältnissmässig schnell, dann aber nach den einen Autoren immer langsamer ansteigt, nach den anderen constant bleibt bis zu einem gewissen Punkte, von welchem sie bei noch weiterer Steigerung der Reizstärke wieder etwas herabsinkt. Der Widerspruch in den Versuchsergebnissen betrifft also das Gebiet mittlerer Beleuchtung, für welche die grosse Mehrzahl der Beobachter nur eine mehr oder weniger bedeutende Approximation an das Weber'sche Gesetz gefunden hat, während Andere dem Gesetz innerhalb gewisser Grenzen in diesem Gebiete eine völlige Gültigkeit vindiciren.

Dieser Widerspruch, sowie die Absicht, das Verhältniss der Unterschiedsempfindlichkeit zur Sehschärfe zu untersuchen, haben mich veranlasst, neues Versuchsmaterial zu sammeln.

Die Methode, die ich zur Bestimmung der Unterschiedsempfindlichkeit anwendete, war die Schattenmethode, die sich aber von der sonst üblichen dadurch unterschied, dass nicht beide Lichtquellen vor dem Papiere, auf dem der Schatten entworfen wird, sich befanden, sondern die eine (*a*) vor, die andere (*b*) hinter demselben. Unmittelbar hinter dem Papierblatte war dann ein schwarzer Schirm mit einer kreisförmigen Oeffnung aufgestellt, durch welche das Licht *b* das Papier beleuchtete, so dass auf diesem von vorne gesehen eine hellere runde Scheibe entstand. Nennen wir nun die von dem Lichte *a* herstammende, von dem Papier reflectirte Lichtmenge α, die von dem Lichte *b* durch das Papier hindurchscheinende Lichtmenge β, so hatte die erwähnte hellere Scheibe eine Lichtintensität $\alpha + \beta$, der sie umgebende Grund eine Lichtintensität α. Das Verhältniss der beiden Reize war also $\frac{\beta}{\alpha + \beta}$, und der relative Unterschied zwischen beiden Reizen $\frac{\beta}{\alpha}$, wenn wir ihn auf α beziehen. Da die Unterschiedsempfindlichkeit durch diesen Bruch gemessen wird, so konnte eine Zu- oder Abnahme derselben bei gleichbleibendem α unmittelbar aus der Entfernung des Lichtes *b* von dem Papiere berechnet werden. Um den absoluten Werth für die Unterschiedsschwelle anzugeben, wäre allerdings eine Messung von α und β erforderlich gewesen; eine solche Messung unterblieb aber, da es hier nur darauf ankommt, die Aenderung der Unterschiedsempfindlichkeit in ihrem Verhältniss zur absoluten Reizstärke festzustellen.

Um diese Methode mit möglichster Umgehung von Fehlern anzuwenden, bediente ich mich folgenden Apparates. Ein Kasten, 245 ^{cm} lang, 70 ^{cm} breit, 95 ^{cm} hoch, innen ganz mit mattem schwarzen Papier ausgekleidet und von äusserem Lichte völlig abgeschlossen, war durch eine Querwand in zwei Abtheilungen getheilt, deren vordere 44 ^{cm}, deren hintere 200 ^{cm} Länge hatte. In dieser Querwand war eine kreisrunde Oeffnung von 40 ^{mm} Durchmesser und diese Oeffnung war auf der vorderen Fläche durch ein Blatt Papier verdeckt, welches von dem ausserhalb befindlichen Auge durch eine in die Vorderwand des Kastens eingeschnittene runde Oeffnung von 28 ^{mm} Durchmesser beobachtet werden konnte. Dies Papier war beleuchtet von der in der vorderen Abtheilung aufgestellten Lichtquelle *a*, einer Gaslampe mit einem Rundbrenner ven 28 ^{mm}

Durchmesser und einer Flammenhöhe von 70 mm; dieselbe stand während der ganzen Versuchszeit in 35 cm Entfernung von dem Papiere ein für alle Mal fest, sie war von einem schwarzen Schirme derart umgeben, dass sie nur die Querwand beleuchtete. Ein in die Gasleitung eingeschalteter Giraud'scher Regulator hielt die Flamme auf gleicher Höhe.

Die hintere Abtheilung diente zur Aufnahme der Lichtquelle *b*, einer Moderateur-Oellampe mit einem Rundbrenner von 24 mm Durchmesser und 26 mm Flammenhöhe. Dieselbe war auf einer Art Schlittenapparat befestigt, auf welchem sie in der ganzen Länge der hinteren Abtheilung vom Sitze des Beobachters aus hin und her bewegt werden konnte. Auch diese Lampe war allseitig von einem schwarzen röhrenartigen Schirm umgeben, der vorne eine mit kurzer Röhre versehene Oeffnung trug, durch welche die Lampe nur nach der Richtung der Querwand ihr Licht werfen konnte.

Als Ocular in der vorderen Kastenwand befand sich eine 4 cm lange Röhre, an deren oberen Rand eine Stütze für den oberen Augenbogen befestigt war. Diese Röhre beschränkte den Blick derart, dass von dem weissen Papier nur eine 17 cm im Durchmesser haltende Fläche übersehen werden konnte. Der ganze übrige Augengrund war völlig unbeleuchtet, wofür durch ein schweres schwarzes Tuch, das an der vorderen Wand befestigt war und Kopf und Hals einhüllte, gesorgt wurde. Die Entfernung des Auges von dem Papiere betrug 52 cm. Die Veränderung der absoluten Beleuchtungsintensität geschah mit Hülfe verschieden starker rauchgrauer Gläser, die in einer Rinne an der Ocularwand vor das Auge gebracht wurden. Der Absorptionscoëfficient der Gläser, deren ich mich bediente, wurde mittels des Bunsen'schen Photometers gemessen; die Mittel aus je 12 Einzelbestimmungen ergaben, das Licht ohne Glas zu 1 gesetzt:

1) — 1 : 2·05	5) — 1 : 21·58
2) — 1 : 3·46	6) — 1 : 77·09
3) — 1 : 5·05	7) — 1 : 203·29
4) — 1 : 10·37	

Die ersten sechs Gläser waren in eine Pappschiene eingelassen, in der sich auch die Oeffnung ohne Glas befand; das siebente Glas war in einer eigenen Pappschiene, welche über die erstere geschoben werden konnte, so dass weitere Verdunkelungen möglich waren, nämlich:

8) 1 : 416	11) 1 : 2108
9) 1 : 703	12) 1 : 4387
10) 1 : 1027	13) 1 : 15672

Die bisher beschriebene Einrichtung war wesentlich gegen eine Anzahl von Fehlern gerichtet, wie sie durch Zufuhr von fremdem Licht, durch unregelmässige Reflexion von den Wänden her u. s. w. bedingt werden; Fehler, die sich auf die Berechnung der Lichtstärke beziehen und die man im Gegensatz zu der nun folgenden Gruppe von Fehlern als physikalische bezeichnen kann. Die Fehler physiologischer Natur, die nun ebenso in derartigen Versuchen eine grosse Rolle spielen, beziehen sich 1. auf mangelhafte Adaptation, 2. auf die Ermüdung während der Versuchsdauer, 3. auf das Spiel der Pupille, 4. auf die diffuse und periphere Beleuchtung der Netzhaut durch fremde Reize, 5. auf die Reihenfolge der Einzelbestimmungen.

Ueber die drei ersten Punkte verdanken wir Kraepelin eine sorgfältige experimentelle Untersuchung. Kraepelin hat nachgewiesen, dass der Zustand des Auges bezüglich der Adaptation und Ermüdung einen ganz bedeutenden Einfluss auf das Resultat des Versuchs ausübt; auch das Spiel der Pupille modificirt, wie er fand, das Resultat, wenn auch unerheblich, so doch merkbar.

Was den unter 4. genannten Fehler betrifft, den man übrigens auch zu der physikalischen Gruppe rechnen kann, so ist ohne Weiteres klar, dass, wenn die Fähigkeit des Auges, einen Reiz von einem zweiten zu unterscheiden, gemessen werden soll, dass dann auch nur diese beiden Reize das Auge gleichzeitig treffen dürfen und alle anderen Reize fern zu halten sind. Es ist ja auch sonst bekannt, dass Reize, welche die Peripherie der Netzhaut treffen, das centrale Sehen stören.

Eine analoge Forderung ergiebt sich bezüglich der Reihenfolge der Einzelbestimmungen. Wenn das Auge von einem Reize getroffen wird, so verschwindet bekanntlich der Einfluss dieses Reizes nicht mit dem Reize zugleich, sondern dauert noch eine gewisse Zeit lang fort. Man kann sich von der schnellen Veränderung des Auges durch Reizung und von der anhaltenden Nachwirkung und deren Intensität leicht durch folgenden einfachen Versuch überzeugen. Wenn man ein Auge kurze Zeit, etwa eine Minute lang schliesst, während man mit dem anderen einen mässig hellen Gegenstand z. B. eine weisse Wolke fixirt und alsdann mehrmals abwechselnd mit den beiden Augen einen Bogen weissen Papiers betrachtet, so wird man einen sehr auffallenden Unterschied zwischen beiden Augen wahrnehmen; und zwar sieht man mit dem gereizten Auge den weissen Bogen während geraumer Zeit um vieles dunkler, als mit dem anderen und ausserdem in einer anderen Färbung.

Macht man also eine Bestimmung unmittelbar nach einer anderen, so sind bei der zweiten die Versuchsbedingungen andere als bei der ersten und zwar ungünstigere; und die Aenderung der Bedingungen wird um so grösser, je mehr Bestimmungen man folgen lässt. Der daraus entspringende Fehler wird keineswegs umgangen, wenn man, wie dies vielfach geschehen ist, die Reihenfolge in allen möglichen Anordnungen variirt und dann die Mittel zieht; denn diese Mittel beziehen sich auf je eine richtige Bestimmung und auf eine je nach der Anzahl der Glieder grosse Summe von fehlerhaften Bestimmungen. Der Fehler lässt sich nur derart ausschalten, dass man die Einzelbestimmungen überhaupt nicht schnell aufeinander folgen lässt, sondern nach jeder Bestimmung geduldig die völlige Erholung des Auges abwartet.

Die Maassregeln, welche gegen die soeben genannten Fehlervorgänge hier in Anwendung kamen, waren folgende.

Um die aus mangelhafter Adaptation sowie aus dem Einfluss der Reihenfolge hervorgehenden Fehler möglichst zu eliminiren, wurde das Auge zunächst in dem völlig dunklen Raume vor dem Kasten während 15 Minuten von jedem Reize fern gehalten; auch längere Zeit vorher war jeder grelle Lichteindruck vermieden, insbesondere die Regulirung der Lampen einem zuverlässigen Gehülfen anvertraut und dieselbe erst nach beendetem Versuch von mir nochmals controlirt. Nach jeder Bestimmung wurde so lange in demselben Raume abgewartet, bis sich das Auge völlig erholt hatte. Um zu wissen, wann dieser Zeitpunkt gekommen war, bediente ich mich des Vergleichs des gereizt gewesenen Auges mit dem anderen und zwar in der Weise, dass ich rasch abwechselnd mit jedem Auge das weisse Papier durch das dunkelste Glas von Zeit zu Zeit betrachtete, bis beide Augen das Papier mit derselben Helligkeit sahen. Für die niederen Werthe genügte hierzu eine Zeit von einigen Minuten, für die höheren waren etwa 8 bis 12 Minuten erforderlich.

Der Einfluss dieses Verfahrens war sehr deutlich. Während ich vorher, in einer ersten Versuchsreihe mit unmittelbarer Folge der Einzelbestimmungen von den niederen zu den höheren Werthen steigend, etwa beim zehnten Gliede ein Maximum erhalten hatte, von welchem dann für die weiteren Glieder die Unterschiedsempfindlichkeit wieder langsam herabsank, so zeigte sich jetzt in der ganzen Reihe der Glieder ein Steigen der Unterschiedsempfindlichkeit in der Art, wie es alsbald zu berichten sein wird.

Zugleich waren diese Maassregeln auch gegen eine etwaige Ermüdung gerichtet, da ja die Ruhepausen weit über die Zeit, in der beobachtet wurde, überwogen. Ausserdem übte ich noch die Vorsicht, an einem Versuchstage nie mehr als sieben Glieder der ganzen Reihe zu bestimmen; ein solcher Versuch dauerte etwa $1^1/_2$ Stunden.

Die Pupille wurde nicht immobilisirt; abgesehen davon, dass diese Maassregel nach Kraepelin nur eine unerhebliche Abweichung hervorbringt, schien mir ein derartiger Eingriff in das normale Functioniren des Auges der Fragestellung, von der wir hier ausgegangen sind, nicht entsprechend zu sein.

Die Reizung des Auges durch andere als die hier in Betracht kommenden Reize war einfach dadurch vermieden, dass das Auge nach den Probeobjecten in der oben beschriebenen Weise durch eine Röhre blickte, die alle fremden Reize abblendete.

Die einzelnen Schwellenwerthe wurden folgendermaassen bestimmt. Zunächst wurde die Lampe *b* aus der Ferne der Querwand so weit genähert, bis die helle runde Scheibe auf dem Papiere sich vollständig deut-

lich mit scharf abgeschnittenen Rändern praesentirte; ein Gehülfe öffnete alsdann eine kleine Thüre in der hinteren Kastenabtheilung, las die Entfernung der Lampe von dem Papiere auf einer Scala, die auf dem Schlittenapparat befestigt war, ab und notirte dieselbe. Alsdann wurde die Lampe so weit entfernt, bis die Helligkeit gänzlich verschwand und die Entfernung abermals notirt. Jede Bestimmung wurde dann noch zweimal wiederholt und aus den so gewonnenen sechs Einzelbestimmungen der Schwellenwerth berechnet.

In der folgenden Tabelle sind die Mittel aus acht Versuchsreihen angegeben, die an 16 Versuchstagen in der Zeit zwischen 5 und 7 Uhr des Abends mit dem linken, völlig normalen Auge angestellt worden sind. In der ersten senkrechten Reihe ist die absolute Beleuchtungsintensität, auf den niedersten Werth = 1 bezogen, verzeichnet; in der zweiten Reihe die zugehörigen Abstände der Lampe *b*, als Mittel aus 48 Einzelbestimmungen und in der dritten Reihe die sich daraus ergebenden Werthe für die Unterschiedsschwelle (die Reciproca der Quadrate der Abstände).

	Intensität der Beleuchtung	Abstand von *b* in Cm.	Unterschiedsschwelle
1	1·0	24·3	0·001 6949
2	3·6	30·0	0·001 1111
3	7·4	38·5	0·000 6747
4	15	45·5	0·000 4831
5	22	51·5	0·000 3771
6	38	57·3	0·000 3046
7	77	63·0	0·000 2519
8	204	70·0	0.000 2041
9	725	80·0	0·000 1562
10	1510	86·5	0·000 1336
11	3100	93·0	0·000 1156
12	4530	95·5	0·000 1096
13	7640	101·0	0·000 0980
14	15670	103·0	0·000 0943

Wie man aus dieser Tabelle ersieht, ist die Unterschiedsempfindlichkeit von der absoluten Reizstärke nicht unabhängig; sie wächst vielmehr bei zunehmender absoluter Reizstärke, wenn auch stets sehr viel langsamer als diese. Das Steigen der Unterschiedsempfindlichkeit ist ferner kein gleichmässiges, sondern wenn man von niederen zu höheren Werthen fortschreitet, so nimmt dieselbe zunächst verhältnissmässig schnell und dann immer langsamer zu.

Zeichnet man die in der Tabelle enthaltenen Zahlen derart auf, dass

die absolute Reizstärke auf der Abscissenaxe, die Werthe für die Unterschiedsempfindlichkeit auf den Ordinaten aufgetragen werden, so erhält man eine nach unten concave Curve, die erst sehr steil und dann immer weniger steil aufsteigt und sich so der Richtung der Abscisse mehr und mehr nähert, ohne jedoch mit derselben parallel zu werden.

Will man diese Curve durch einen einfachen mathematischen Ausdruck approximativ ausdrücken, so findet man, dass die Unterschiedsempfindlichkeit ungefähr proportional mit der Cubikwurzel aus der absoluten Reizstärke wächst; ein Ausdruck der jedoch keineswegs genau zu nehmen ist, sondern nur einen ungefähren Begriff der bestehenden Function geben soll, da in Wirklichkeit die Unterschiedsempfindlichkeit von niederen Werthen an gerechnet zuerst schneller und dann langsamer zunimmt, als es der fraglichen Formel entsprechen würde.

Nach diesem Befunde besteht also eine strenge Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes in keinem Theil der Curve, wohl aber eine Approximation an dasselbe in einem gewissen Gebiete mittlerer Beleuchtung.

Es ist nun einleuchtend, dass wenn man nur eine verhältnissmässig kleine Strecke in diesem letzteren Gebiete untersucht, die geringe Zunahme der Unterschiedsempfindlichkeit sich unter den Fehlern leicht ganz verstecken kann; und dieser allgemeine Gesichtspunkt erklärt vielleicht, warum einige ältere Autoren, bei denen die hier vielfach erwähnten Fehler noch nicht ausgeschlossen waren, sich für eine strenge Gültigkeit des Gesetzes in einem gewissen Gebiet erklärt haben.

Anders liegen meines Erachtens die Verhältnisse bezüglich der oben erwähnten, neueren Untersuchungen von Kraepelin. Indem dieser die Unterschiedsempfindlichkeit mittels der Masson'schen Scheibe bestimmte, fand er zunächst, dass, wenn die störenden Fehler (besonders mangelhafte Adaptation und Ermüdung) möglichst sorgfältig eliminirt wurden, die Unterschiedsempfindlichkeit bedeutend höhere Werthe erreichte. Während vorher nur bei der höchsten benützten absoluten Reizintensität der äusserste Ring der Scheibe gesehen werden konnte und den geringeren Werthen der absoluten Beleuchtung mehr und mehr central gelegene Ringe entsprachen, wurde in den Versuchen, die von den betreffenden Fehlern am sorgfältigsten frei gehalten waren (vergl. die Tabelle S. 319) der äusserste Ring (0·00823) in einem Bereiche von 1000 bis 9·61 der absoluten Beleuchtung noch wahrgenommen. Aus diesem objectiven Befunde folgerte Kraepelin, dass in dem erwähnten Bereiche von 1000:9·61 die Unterschiedsempfindlichkeit constant geblieben und ferner dass in seinen Versuchen die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes um so mehr hervorgetreten sei, je mehr die Fehlerquellen ausgeschaltet worden waren.

Diesen Folgerungen kann ich nicht beitreten. Da in den fraglichen Versuchsreihen der äusserste Ring der Scheibe schon bei einer Intensität von 9·61 gesehen wurde, so bleibt unbenommen anzunehmen, dass bei weiterer Steigerung der Reizstärke auch noch weitere Ringe gesehen worden wären, falls welche vorhanden waren. Die benützte Scheibe war also zur Bestimmung der Unterschiedsempfindlichkeit für das ganze Gebiet, in welchem der äusserste Ring gesehen wurde, durchaus unzureichend.

2. Sehschärfe.

Das Verhältniss der Sehschärfe zur absoluten Beleuchtungsintensität ist schon vielfach Gegenstand von Untersuchungen gewesen[1] die Resultate derselben stimmen zwar nicht in den Einzelheiten, wohl aber in dem allgemeinen Befunde überein, dass die Sehschärfe, wenn man von minimalen Beleuchtungsgraden zu immer höheren fortschreitet, erst verhältnissmässig schnell und dann immer langsamer zunimmt. In den folgenden Versuchen ist hauptsächlich bezweckt, das Verhältniss der Sehschärfe zur Beleuchtung mit möglichstem Ausschluss aller der Fehlerquellen, die im vorigen Capitel besprochen sind und unter genau den Versuchsbedingungen festzustellen, welche der Bestimmung der Unterschiedsempfindlichkeit zu Grunde lagen, um auf diese Weise einen Aufschluss über das Verhalten der beiden Functionen zu einander zu gewinnen. Die Versuche wurden deshalb genau in der Weise angestellt, wie dies für die Bestimmung der Unterschiedsempfindlichkeit beschrieben worden ist. Es kam derselbe Apparat, dieselbe constante Beleuchtung, dieselbe Entfernung der Objecte von der Lichtquelle und vom Auge und dieselben verdunkelnden Gläser zur Anwendung. An Stelle des weissen Papiers, auf welchem in der vorigen Versuchsreihe die zu beobachtenden Schatten entworfen wurden, waren jetzt Schriftproben angebracht, und zwar dienten hierzu die Jäger'schen Schriftproben (lateinische Schrift); dieselben konnten an der Vorderfläche der Querwand des Apparates derart vor dem Auge vorbeigeschoben werden, dass die Entfernung zwischen Buchstaben und Auge stets dieselbe war.

Die Grösse der Buchstaben der einzelnen Nummern wurde mittels Glasmikrometers unter dem Mikroskop gemessen; es ergaben sich folgende Werthe:

Nummer	Durchmesser in Mm.	Nummer	Durchmesser in Mm.
1	0·50	11	2·50
2	0·75	12	2·75
3	0·90	13	3·00
4	1·00	14	4·00
5	1·25	15	4·50
6	1·40	16	5·00
7	1·50	17	6·50
8	1·80	18	8·50
9	2·10	19	13·00
10	2·25	20	18·00

Diese Schriftproben wurden aus einer Entfernung von 52 ^{cm} beocachtet.

[1] Vergl. die Referate von Helmholtz, *Physiologische Optik.* S. 224. — Aubert, *Physiologische Optik.* S. 579. — Ferner Uhthoff, *Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin.* 13. Februar 1885. *Dies Archiv,* 1885. S. 331.

In der folgenden Tabelle sind die Mittel aus sechs mit dem linken Auge angestellten Versuchsreihen zusammengestellt.

	Intensität der Beleuchtung.	Buchstaben-grösse in Mm.
1	1·0	18·00
2	3·6	11·75
3	7·4	7·20
4	15	4·12
5	22	3·35
6	38	2·55
7	77	1·78
8	204	1·42
9	725	1·15
10	1510	0·92
11	3100	0·81
12	4530	0·80
13	7640	0·75
14	15670	0·72

Die Sehschärfe = 1 war bei dem 12. Werthe erreicht.

Aus dieser Tabelle geht hervor, dass die Sehschärfe, wenn man von minimalen zu hohen Beleuchtungsintensitäten fortschreitet, stetig wächst, wenn auch sehr viel langsamer als diese. Die Zunahme der Sehschärfe ist ferner keine gleichmässige, sie erfolgt vielmehr anfänglich verhältnissmässig schnell und dann immer langsamer.

Das Verhältniss der Sehschärfe zur absoluten Beleuchtung lässt sich also im Allgemeinen mit denselben Worten beschreiben, wie dies S. 406 für das Verhältniss der Unterschiedsempfindlichkeit zur absoluten Reizstärke geschehen ist.

Noch auffälliger tritt die Aehnlichkeit des Verhaltens der beiden Functionen hervor, wenn man die graphische Darstellung zur Hülfe nimmt, wobei man zwei Curven von nahezu demselben Verlaufe erhält, oder wenn man die beiden Functionen in Verhältnisszahlen nebeneinander schreibt, wie dies in folgender Tabelle geschehen ist.

	Beleuchtungs-intensität.	Unterschieds-empfindlichkeit.	Sehschärfe.
14	15670	1·000	1·000
13	7640	0·962	0·960
12	4530	0·860	0·900
11	3100	0·816	0·888
10	1510	0·705	0·782

(Fortetzung der umstehenden Tabelle.)

	Beleuchtungs-intensität	Unterschieds-empfindlichkeit.	Sehschärfe.
9	725	0·604	0·626
8	204	0·462	0·507
7	77	0·374	0·404
6	38	0·309	0·282
5	22	0·250	0·215
4	15	0·195	0·175
3	7·4	0·139	0·100
2	3·6	0·035	0·061
1	1·0	0·055	0·040

Hieraus geht hervor, dass in dem untersuchten Bereiche und unter den angegebenen Versuchsbedingungen Unterschiedsempfindlichkeit und Sehschärfe bei abnehmender Beleuchtung nahezu in demselben Verhältniss abnehmen. Genau ist der Parallelgang allerdings nicht, vielmehr nimmt zu Anfang die Sehschärfe etwas langsamer und später etwas schneller ab, als die Unterschiedsempfindlichkeit.

Dasselbe Resultat ergab mir eine zweite Versuchsreihe, in welcher ich für sieben Glieder der Reihe, Sehschärfe und Unterschiedsempfindlichkeit bei jedem Werth der absoluten Beleuchtungsstärke gleich hintereinander bestimmte; ebenso eine Versuchsreihe für das rechte Auge.

Den Zusammenhang, der zwischen Unterschiedsempfindlichkeit und Sehschärfe besteht, kann man meines Erachtens aus der auch sonst bekannten Thatsache verstehen, dass eine Abnahme des relativen Unterschiedes bei gleichbleibender Unterschiedsempfindlichkeit (was hier gleichbedeutend ist mit einer Abnahme der Unterschiedsempfindlichkeit bei gleichbleibendem relativen Unterschied) durch Vergrösserung des Gesichtswinkels, unter dem das Object erscheint, compensirt werden kann. Die Abnahme der Sehschärfe bei abnehmender Beleuchtung lässt sich also erklären aus der hierbei statthabenden Abnahme der Unterschiedsempfindlichkeit. Wenn das Weber'sche Gesetz allgemein gültig wäre d. h. wenn die Unterschiedsempfindlichkeit bei abnehmender Beleuchtung constant bliebe, so müsste auch die Sehschärfe, wie man leicht sieht, constant bleiben. In der Abnahme der Sehschärfe hat man deshalb geradezu ein, wenn auch vorerst noch nicht genauer bestimmtes Maass für die Abnahme der Unterschiedsempfindlichkeit und eine weitere Thatsache, die gegen die allgemeine Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes für den Gesichtssinn spricht.

Näher auf die übrigens recht verwickelten Beziehungen zwischen Unterschiedsempfindlichkeit und Sehschärfe einzugehen, kann hier nicht meine Aufgabe sein; nur wollte ich mir die obige kurze Bemerkung nicht versagen, weil es bis jetzt üblich war, Sehschärfe und Unterschiedsempfindlichkeit als zwei ganz getrennte und von einander unabhängige Functionen zu betrachten.

3. Farbensinn und indirectes Sehen.

Es ist eine bekannte Thatsache[1] dass bei abnehmender Beleuchtung die Wahrnehmbarkeit der Farben nicht gleichmässig für die verschiedenen Farben abnimmt, sondern dass bei gewissen Graden der Verdunkelung manche Farben noch erkannt werden können, während andere farblos erscheinen; und zwar sind die Farben deren Wahrnehmbarkeit zunächst leidet, das Grün, welches in's Bläuliche oder Graue übergeht, das Roth, das braunschwarz oder ganz schwarz erscheint bei einer Beleuchtungsintensität, bei welcher Gelb und Blau als Farben noch erkannt werden.

Ebenso gehen bei abnehmender Beleuchtung Aenderungen des peripheren Farbensinnes vov sich; L. Wolffberg[2] beschreibt dieselbe folgendermaassen:

Wenn man die Beleuchtung herabsetzt, so engen sich die sämmtlichen Farbengrenzen ein und zwar in der typischen Reihenfolge, bis schliesslich bei immer wachsender Verdunkelung zuerst das Grün, dann das Roth und zuletzt das Blau verschwindet.

Die Grenzen für das Weiss bleiben bis zu sehr hohen Graden der Verdunkelung unverändert.

Ich habe den Versuch mehrmals in der Weise angestellt, dass ich während der Abenddämmerung in bestimmten Zeitintervallen mein Gesichtsfeld aufnahm; es zeigte sich dasselbe Resultat. Das Gelb verschwand einige Male ungefähr zugleich, andere Male etwas nach dem Blau.

II. Das Sehen während des Reizzustandes.

Wenn ein Reiz auf ein Sinnesorgan mit genügender Stärke einwirkt, so tritt eine Erregung auf, die dem Bewusstsein als Empfindung erscheint; aber neben dieser Erregung bringt der Reiz noch eine andere Wirkung hervor, er vermindert die Erregbarkeit des Sinnes für andere Reize. Ein Geräusch, welches wir bei grosser Stille sehr wohl hören, wird unvernehmbar, wenn unser Ohr durch ein anderes lautes Geräusch gereizt wird und durch diese Reizung weniger erregbar für hinzukommende Geräusche geworden ist; ebenso sehen wir bei Tage die Sterne nicht, weil während der

---

[1] Vergl. Helmholtz, *Physiologische Optik.* S. 307. — Aubert, Physiologische Optik in Graefe-Saemisch's *Handbuch der gesammten Augenheilkunde.* 1876. Bd. II. 2. Hälfte. S. 532.

[2] Ueber die Prüfung des Lichtsinnes. Graefe's *Archiv für Ophthalmologie.* 1885. Bd. XXXI. S. 72.

Reizung mit dem Tageslicht die Erregbarkeit unseres Sehapparates für superponirte Lichtreize eine geringere ist, als im Dunkeln.[1]

Durch Reizung entsteht also eine Erregbarkeitsverminderung und wenn es vorkäme, dass statt der äusseren Reizung durch den physiologischen Sinnesreiz eine innere pathologische Reizung den Sinn befiele, so hätten wir neben der Anaesthesie, als einer einfachen Herabsetzung der Function, eine zweite wesentlich von dieser verschiedene Art der Anaesthesie, eine Erregbarkeitsverminderung durch Reizung; im ersten Fall ein Lähmungs-, im zweiten Fall ein Reizungssymptom. Dass solche Reizungszustände bestehen können, darf in der That nach den subjectiven Erscheinungen, welche gewisse Formen der Amblyopie begleiten, angenommen werden.

Suchen wir nun, zunächst unter Vernachlässigung der subjectiven Erscheinungen die Merkmale der Sehstörung auf, die einem solchen Reizzustande zukommen.

Die Versuchsbedingungen des Falles erfordern, dass das Auge gereizt werde und dass während dieser Reizung alle die Prüfungen der Unterschiedsempfindlichkeit, der Sehschärfe des Farbensinnes und des peripheren Sehens vorgenommen werden, wie dies im vorigen Capitel geschehsn ist. Da also zu gleicher Zeit dieselben Stellen der Retina sowohl von dem die Erregbarkeit herabsetzenden als von dem Reiz des Probeobjectes getroffen werden müssen, so wäre ein idealer Fall offenbar der, dass man zwischen Auge und Probeobject eine Lichtquelle interponirte, durch welche die vom Probeobject kommenden Lichtstrahlen in ihrer physikalischen Beschaffenheit in keiner Weise geändert würden.

Dieser Fall ist in der That herstellbar; wenn man zwischen Auge und Probeobject eine Glasplatte bringt und auf derselben den diffusen Reflex einer anderen Lichtquelle in das Auge spiegelt, so sind die erwähnten Bedingungen erfüllt. Der Reflex macht die Glasplatte bekanntlich undurchsichtig; aber diese Undurchsichtigkeit beruht nicht auf einer physikalischen Aenderung der von dem Probeobject kommenden Strahlen, welche nach wie vor in gleicher Quantität und Qualität in's Auge fallen, sondern auf der durch die Reizung bewirkten Erregbarkeitsverminderung; die Undurchsichtigkeit ist mit anderen Worten keine physikalische, sondern eine physiologische und stellt gerade diejenige Art der Sehstörung dar, welche wir hier zu untersuchen haben.

1) Unterschiedsempfindlichkeit und Sehschärfe.

Zur Untersuchung der Unterschiedsempfindlichkeit und Sehschärfe diente der oben (S. 402) beschriebene Apparat. An dem Ocular desselben

[1] Näheres hierüber in meiner Arbeit: Physiologische Studien über Psychophysik. *Dies Archiv.* 1886. S. 270.

war, wie dort schon bemerkt, eine 6 cm lange und etwa ebenso weite Röhre, die an beiden Enden eine 30 cm weite runde Oeffnung hatte, durch welche eben das Auge in den Kasten sah. In dieser Röhre wurde unter 45° seitlicher Neigung zur Blickaxe eine plane Glasplatte gebracht; in einer seitlichen Oeffnung war eine mattgeschliffene Glasplatte eingelassen, welche von aussen erleuchtet werden konnte und das Licht auf die plane Glasplatte und von da in's Auge warf, in der Weise, dass der Blick in den Kasten nur durch diesen Reflex statthaben konnte. 13 cm von der seitlichen Oeffnung entfernt stand eine zweite mattgeschliffene Glasplatte, die den Zweck hatte, den Reflex möglichst diffus zu machen, da sonst das Centrum des Reflexes sich als stärker leuchtend erwies, als der Rand.

Zur Reizung wurde nun eine zweite Moderateur-Oellampe in verschiedener Entfernung vor der letzterwähnten Glasplatte aufgestellt und aus dieser Entfernung die relative Stärke der Reizung berechnet.

Die Versuche wurden derart vorgenommen, dass zunächst für die absolute Beleuchtungsintensität 4530 Unterschiedsempfindlichkeit und Sehschärfe bestimmt wurden; alsdann wurde die zur Reizung dienende Lampe in einer Entfernung von 141·5, 100, 70·5, 44·5, 31·5 und 14·5 cm von der mattgeschliffenen Glasplatte aufgestellt und für jede dieser Reizungsintensitäten die beiden Functionen bestimmt. In folgenden Versuchen wurden alsdann für die absoluten Beleuchtungsintensitäten 1510, 204, 77 und 15 dieselben Bestimmungen gemacht, soweit sie möglich waren. Im Uebrigen waren die Versuchsanordnungen, sowie die Maassregeln zur Vermeidung der Fehler genau wie die weiter oben beschriebenen.

In der folgenden Tabelle sind die Mittel aus zwei Versuchsreihen zusammengestellt, deren Einzelergebnisse bezüglich der hier wesentlichen Punkte so vollständig übereinstimmten, dass ich von einer weiteren Ausdehnung der Versuche um so eher absah, als auch eine anfänglich unternommene dritte Versuchsreihe, der jedoch etwas andere Bedingungen zu Grunde lagen, schon dieselben Resultate ergeben hatte.

In der ersten senkrechten Reihe sind die relativen zur Reizung verwendeten Lichtintensitäten verzeichnet; in der obersten wagrechten Reihe die Beleuchtungsintensitäten des Probeobjectes. In der zweiten senkrechten Reihe findet man die Werthe der Unterschiedsempfindlichkeit (*UE*) und der Sehschärfe (*S*) bei einer Beleuchtungsintensität = 4530, wobei die Werthe der *S* stets unter denen der *UE* stehen; in der zweiten wagrechten Reihe sind die Werthe der beiden Functionen bei einer Reizung = 0 bei den verschiedenen Beleuchtungsstärken der Probeobjecte von 4530 bis 15 angegeben u. s. w.

Was in diesen Zahlen zunächst auffallen wird, ist das Missverhältniss, in welchem Unterschiedsempfindlichkeit und Sehschärfe zu einander stehen;

Intens. d. abs. Beleuchtung		4530	1500	204	77	15
Intensität der Reizung 0	*UE*	1·00	0·96	0·60	0·49	0·21
	S	1·00	0·91	0·60	0·51	0·21
1	*UE*	0·96	0·79	0·37	0·20	0·034
	S	1·00	0·91	0·57	0·39	0·16
2	*UE*	0·73	0·63	0·24	0·10	—
	S	1·00	0·83	0·39	0·28	
4	*UE*	0·68	0·52	0·12	0·071	—
	S	0·91	0·83	0·43	0·35	
10	*UE*	0·60	0·42	0·054	0·033	—
	S	0·91	0·79	0·35	0·26	
20	*UE*	0·46	0·28	0·037	—	—
	S	0·83	0·68	0·26		
100	*UE*	0·24	0·11	—	—	—
	S	0·68	0·57			

überall, ohne Ausnahme, erweist sich die Unterschiedsempfindlichkeit unter dem Einfluss der Reizung mehr gestört als die Sehschärfe.

Verfolgt man die Werthe in den einzelnen senkrechten Reihen, so erhellt:

1. Bei gleichbleibender Beleuchtung der Probeobjecte und zunehmender Reizung nimmt die Unterschiedsempfindlichkeit schneller ab, als die Sehschärfe und das Auseinandergehen der beiden Functionen nimmt stetig zu, je weiter man die Reizung steigert.

Ebenso zeigt sich, dass die Sehstörung des gereizten Auges im Verhältniss zum nicht gereizten um so mehr hervortritt, bei je niedrigerer Beleuchtung der Probeobjecte die Untersuchung angestellt wird. Während bei einer Beleuchtung = 4411 geringere Grade der Reizung beinahe unmerklich und besonders bezüglich der Sehschärfe ganz unmerklich sind, so tritt die Störung, sobald man verdunkelt in unverhältnissmässigem Grade gegenüber dem nicht gereizten Auge hervor. Mit anderen Worten: das gereizte Auge ist exquisit hemeralopisch.

Eine Betrachtung der einzelnen horizontalen Reihen ergiebt:

2. Bei gleichbleibender Reizung und abnehmender Beleuchtung der Probeobjecte nimmt die Unterschiedsempfindlichkeit

ebenfalls viel schneller ab, als die Sehschärfe und auch hier tritt das Auseinandergehen der beiden Functionen um so stärker hervor, je mehr die Beleuchtung der Probeobjecte abnimmt, und von je höheren Werthen der Reizung man ausgeht.

Verfolgt man ferner einen und denselben Werth der Unterschiedsempfindlichkeit durch mehrere senkrechte Reihen und vergleicht die Werthe der Sehschärfe, die mit demselben combinirt vorkommen, so zeigt sich, dass nicht bei allen Graden der Reizung und Verdunkelung sich dieselben Werthe entsprechen; vielmehr ist die Disproportionalität zwischen den beiden Functionen um so grösser, je mehr von den beiden störenden Ursachen die Reizung über die Verdunkelung überwiegt.

Die Abnahme der Unterschiedsempfindlichkeit bei der Reizung lässt sich leicht daraus erklären, dass durch die Reizaddition der relative Unterschied der beiden Probereize verändert wird. Geht man z. B. von zwei Reizintensitäten 9 und 10 aus, so ist der relative Unterschied zwischen beiden, auf den grösseren bezogen $= \frac{1}{10}$. Wird nun zu jedem der beiden Reize 10 addirt, so hat man zwei Intensitäten 19 und 20 und einen relativen Unterschied $= \frac{1}{20}$.

Daraus geht nun auch ohne Weiteres hervor, aus welchem Grunde das Auge, welches sich in einem Reizzustand von gegebener Constanz befindet, hemeralopisch sein muss. Wenn diese constante Zahl zu zwei Reizgrössen, die in einem bestimmten Verhältniss zu einander stehen, addirt wird, so muss der zwischen den beiden Reizen bestehende relative Unterschied eine um so bedeutendere Verringerung erleiden, je kleiner die beiden Reize sind, zu denen die Addition stattfindet.

Was die Abnahme der Sehschärfe betrifft, so lässt sich auch hier der Sachverhalt so auffassen, dass durch die Reizaddition eine Verminderung des relativen Unterschiedes (zwischen Buchstaben und Grund) stattfindet, und dass diese Verminderung durch eine Vergrösserung des Sehwinkels compensirt wird. Dieses Compensationsverhältniss ist aber jetzt ein anderes, als das bei der Verdunkelung constatirte, indem die Bedingungen unter denen die Compensation stattfindet, hier völlig andere geworden sind. Im Falle der Verdunkelung nämlich bleibt der relative Unterschied derselbe, während der absolute Unterschied und die Grösse der Reize sich vermindert; im Falle der Reizaddition dagegen bleibt der absolute Unterschied gleich, während der relative Unterschied sich vermindert und die absolute Beleuchtung vermehrt wird. Eine in's Einzelne gehende Darstellung dieser Verhältnisse würde aber die Aufführung eines besonderen Versuchsmateriales, das ich zu diesem Zwecke gesammelt habe, erfordern; ich behalte dies für einen geeigneteren Ort vor, um nicht zu sehr aus dem Rahmen, in dem sich das Vorliegende zu bewegen hat, herauszutreten.

2. Das Gesichtsfeld für Weiss.

Zur Bestimmung des Gesichtsfeldes für Weiss diente folgende Aufstellung. An dem einen Ende eines Tisches war eine mit Gradeintheilung

vesehene Stütze für das Auge angebracht. 60 cm davon entfernt befand sich ein Quadrat von 2 cm Seitenlänge aus weissem Carton; 15 cm vor demselben unter 45° seitlicher Neigung zur Blickaxe eine plane Glasplatte, die in bekannter Weise den Reflex eines mattgeschliffenen Glases in das Auge schickte. Dieses Glas war von einer Gaslampe, das Quadrat von einer Kerze beleuchtet. Schirme verhinderten, dass das Quadrat von der Lampe und dass das mattgeschliffene Glas von der Kerze getroffen wurde; ebenso wenig konnte Licht direct in das Auge des Beobachters dringen.

Um die periphere Grenze für die Wahrnehmbarkeit des weissen Quadrates festzustellen, wurde der Blick in den verschiedenen Meridianen derart verändert, dass stets weiter abgelegene Punkte fixirt wurden, bis das Quadrat verschwand, bez. wieder erkannt wurde; der betreffende Winkel konnte dann auf der Gradeintheilung abgelesen werden.

Die Versuche ergaben, dass unter dem Einfluss der Reizung das Gesichtsfeld für Weiss eine concentrische Einengung erleidet.

Die Grösse der Einengung hängt ab 1) von der Intensität der Reizung und 2) von der Lichtintensität des Probeobjectes. Dieselbe kann alle Werthe erreichen, dadurch, dass entweder das Probeobject schwächer beleuchtet, oder dass die Reizung gesteigert wird.

Die Einengung ist also keine absolute; auch ausserhalb derselben werden noch andere Gegenstände gesehen, die heller sind als das Probeobject. Es besteht mit anderen Worten bei gegebener Reizung für jede Lichtintensität eine concentrische Begrenzung ihrer Wahrnehmbarkeit und die Grösse dieser Grenze richtet sich nach der Beleuchtungstärke des Probeobjectes.

Die Ränder der Einengung sind, so weit dies überhaupt festzustellen ist, glatt und frei von einspringenden Zacken u. s. w. Es besteht ferner die Eigenthümlichkeit, dass das Gesichtsfeld nicht völlig kreisförmig beschränkt ist, sondern nach aussen weniger, als in den anderen Meridianen; nur bei sehr starker Beschränkung wird die Form ganz kreisförmig.

Der folgende Versuch wird die mitgetheilten Befunde anschaulich machen:

I. Gesichtsfeld ohne Reizung, Kerze 27 cm vom Quadrat.

Nach aussen	90°
Nach innen	65°
Nach oben	70°
Nach unten	80°

II. Bei gleichbleibender Beleuchtung (Kerze 27 cm vom Quadrat).

1. Lampe 80 cm von dem mattgeschliffenen Glaa.
a. 70°, i. 55°, ob. 55°, u. 55°.

2. Lampe in 45 cm Entfernung.
a. 55°, i. 45°, ob. 45°, u. 50°.

3. Lampe in 30 cm Entfernung.
a. 35°, i. 25°, ob. 20°, u. 25°.

4. Lampe in 25 cm Entfernung.
In allen Richtungen etwa 8°.

III. Gleichbleibende Reizung (Lampe in 80 cm), abnehmende Beleuchtung.

1. Kerze in 45 cm Entfernung.
a. 45°, i. 35°, ob. 35°, u. 35°.

2. Kerze in 65 cm Enfernung.
Nach allen Richtungen etwa 5°.

3. Farbensinn.

a) Centrale Farbenwahrnehmung.

In den Versuchen über den Farbensinn musste der Reflex auf der spiegelnden Glasplatte durch weisses Licht von messbarer Intensität erzeugt werden. Hierzu benutzte ich ein dem Parinaud'schen Photoptometer nachgebildetes Instrument, in welches ein Heliostat Sonnenlicht warf. Dieses Instrument besteht aus einer Röhre, an deren einem Ende eine quadratische Diaphragmaöffnung angebracht ist, deren Grösse durch einen Schraubenmechanismus beliebig verändert werden kann. Die Sonnenstrahlen passiren zunächst diese Oeffnung, dann eine Convexlinse, durch welche sie an einer gewissen Stelle in der Röhre in einem Punkte gesammelt werden. An dieser Stelle steht eine mattgeschliffene Glasplatte, die nun das Licht in diffuser Vertheilung an eine zweite solche Glasplatte weitergiebt und das Bild dieser letzteren wird auf dem spiegelnden Glase als Reflex gesehen. Die Lichtintensität des Reflexes kann durch Vergrösserung und Verkleinerung der Diaphragmaöffnung beliebig variirt werden und verhält sich proportional zu der quadratischen Fläche dieser Oeffnung.

Durch den Reflex blickte das Auge aus einer Entfernung von zwei Metern nach der gegenüberliegenden Wand, an welcher auf weissem Carton mittels eines Prismas ein Spectrum entworfen war, dessen Länge etwa 60 cm

betrug. Die einzelnen Farben wurden durch die runde 2 cm im Durchmesser haltende Oeffnung eines schwarzen Schirmes beobachtet, der 20 cm vor dem Spectrum aufgestellt war.

Es wurde nun für jede Farbe bestimmt, bei welcher relativen Stärke des Reflexes die Farbe als solche verschwand, bez. wieder erkannt werden konnte; aus drei Versuchswerthen erhielt ich folgende Mittelwerthe:

Roth	620
Orange	1220
Gelb	1450
Grün	1050
Blau	360
Violett	256

Bei steigender Reizung verschwinden also die Farben in folgender Reihenfolge: Violett, Blau, Roth, Grün, Orange, Gelb.

Man kann diesen Befund auch so ausdrücken: Bei steigender Reizung verschwinden die Farben nach Maassgabe ihrer Helligkeit.

Bekanntlich sind die verschiedenen Farben des Spectrums sehr verschieden hell; man erkennt ohne Weiteres, dass Gelb, Orange und Grün am lichtstärksten, die übrigen Farben dunkler sind. Man hat die relative Helligkeit der Spectralfarben zu messen gesucht; Fraunhofer und Vierordt[1] fanden für das Spectrum des Sonnenlichtes folgende Werthe:

	Fraunhofer.	Vierordt.
Roth B	32	22
Orange C	94	128
Rothgelb D	640	780
Gelb D—E	1000	1000
Grün E	480	370
Blaugrün F	170	128
Blau G	31	8
Violett H	5·6	0·7

Wie man leicht erkennt, ist die Reihenfolge der Farben nach der Helligkeit genau dieselbe, in welcher die Farben bei der Reizung verschwinden.

Derselbe Befund zeigt sich, wenn statt der Spectralfarben Pigmente zur Verwendung kommen. Von Pigmenten benutzte ich: Zinnoberroth, Ultramarinblau, Schweinfurtergrün, Chromgelb und Anilinviolett; zur Er-

[1] Citirt nach Aubert, a. a O S. 529.

gänzung kamen noch hinzu ein dunkles Carmoisinroth, Orange, ein sehr dunkles Schwarzgrün, ein helles Weissblau und ein dunkles Schwarzblau. Diese Pigmente waren in Form runder Punkte von 1 cm Durchmesser auf schwarzem Carton aufgeklebt und wurden aus einer Enfernung von 35 cm beobachtet.

	Carmoisinroth	156
I.	Zinnoberroth	290
	Orange	553
II.	Chromgelb	655
III.	Schwarzgrün	212
	Schweinfurtergrün	20
	Hellblau	290
IV.	Ultramarinblau	196
	Dunkelblau	53
V.	Violett	20

Die Tabelle ergiebt, dass für die Wahrnehmbarkeit der Farben bei der Reizung nicht der Ton, sondern die Nuance das Maassgebende ist. So verschwindet ein dunkles Blau vor einem hellen Roth, ein dunkles Roth vor einem hellen Blau u. s. w. Sehen wir aber ab von den verschiedenen Nuancen der Farben und halten uns an die Pigmente, in denen die Farbe am reinsten und gesättigsten zur Anschauung kommt, so zeigt sich, dass die Farben auch hier in der Reihenfolge Violett, Blau, Grün, Roth, Gelb verschwinden.

b) Periphere Farbenwahrnehmung.

Die schon S. 416 beschriebene Anordnung wurde auch hier zur Untersuchung der Peripherie benützt; nur war die Beleuchtung eine andere, und zwar wurde das farbige Quadrat von diffusem Tageslicht erhellt, während zur Erleuchtung des mattgeschliffenen Glases Sonnenlicht diente, welches durch Schirme aus Seidenpapier gedämpft werden konnte. Zur Untersuchung kamen nur die oben genannten fünf Hauptfarben und zwar in Quadraten von 2 cm Seitenlänge auf schwarzem Grund.

Die Versuche ergaben, dass während der Reizung mit dem weissen Licht die sämmtlichen Farbengrenzen eine concentrische Einengung erleiden, welche in allen einzelnen Merkmalen mit der für das Weiss beschriebenen übereinstimmt.

Die Einengung ist ferner nicht für die verschiedenen Farben eine gleichmässige, sondern sie betrifft verhältnissmässig am meisten die dunklen, am wenigsten die hellen Farben, also in der mehrfach genannten Reihenfolge Violett, Blau, Grün, Roth, Orange, Gelb.

Da nun die Farbengrenzen für das ungereizte Auge in anderer Weise angeordnet sind, so kommt es unter dem Einfluss der Reizung zu atypischer Anordnung der Farbengrenzen. Besonders charakteristisch sind dabei die Veränderungen, welche die Blaugrenzen erleiden; dieselben liegen bei schwacher Reizung zwischen Gelb und Roth, bei stärkerer innerhalb des Roth und Grün. Die Blauperception kann verschwinden, während die übrigen Farben mit Ausnahme des Violett noch wahrgenommen werden.

Folgender Versuch mag dies Verhalten erläutern; die Zahlen beziehen sich auf die Grenzen nach aussen.

	Ohne Reizung	Schwache Reizung	Stärkere Reizung
Weiss	90°	90°	65°
Blau	65	55	10
Gelb	55	55	35
Orange	35	35	30
Roth	30	30	20
Grün	30	25	10
Violett	15	10	1

Wenn man die Reizung noch weiter treibt, verschwinden alsdann die Farben in der mehrfach erwähnten Folge ihrer Helligkeit.

Die Einengung des Gesichtsfeldes lässt sich leicht daraus verstehen, dass, wie oben erwähnt, durch die Reizaddition der relative Unterschied vermindert wird. Wie Chodin gefunden hat, nimmt die Unterschiedsempfindlichkeit sowohl für Weiss als für die Farben nach der Peripherie der Netzhaut hin ab. Die Verminderung des relativen Unterschieds muss also bewirken, dass ein gegebenes Object an einer bestimmten Stelle der Peripherie nicht mehr wahrgenommen werden kann. Auch der Umstand, dass wir das Gesichtsfeld bei der Reizung nicht genau concentrisch, sondern nach aussen weniger beschränkt gefunden haben, als nach innen, stimmt mit dem Chodin'schen Befund, nach welchem die Unterschiedsempfindlichkeit besonders für die peripheren Theile — für die centralen weniger, auch darin ist Uebereinstimmung — auf dem äusseren Theile der Netzhaut schneller abnimmt, als auf dem inneren.

Auch die bei der Reizung auftretende Dyschromatopie erklärt sich einfach daraus, dass, wie wir oben festgestellt, die Wahrnehmbarkeit eines Objectes durch die Reizaddition um so mehr gestört wird, je dunkler das Object ist.

[1] Ueber die Empfindlichkeit für Farben in der Peripherie der Netzhaut. Graefe's *Archiv für Ophthalmologie.* Bd. XXIII. H. 3.

III. Das Sehen nach der Reizung.

Wenn das Auge von einem Reize getroffen worden ist, so tritt bekanntlich mit dem Aufhören des Reizes nicht sofort wieder die *restitutio in integrum* ein, sondern die Wirkung des Reizes dauert noch eine Zeit lang fort, und dadurch entsteht ein eigenthümlicher Zustand, den wir in Ermangelung eines anderen Namens hier kurz als Modification des Auges bezeichnen wollen. Dieser Zustand wird, da das Auge während des Wachens fortwährenden Reizen ausgesetzt ist, überall da auftreten müssen, wo zwischen den Dissimilations- und dem Restitutionsprocess ein Missverhältniss in der Art stattfindet, dass der erstere gesteigert oder der letztere vermindert ist, was natürlich auch durch pathologische Ursachen bedingt sein kann.

Die Erscheinungen, unter denen sich die Modification des Auges kundgiebt, sind theils subjective, wie sie sich in Form der sogenannten Nachbilder darstellen, theils mehr objective, insofern sie zu einer veränderten Functionsweise des Organs, zu einer Störung des Sehens führen. Diese letztere Gruppe von Erscheinungen, die Störungen durch Ermüdung, wie wir sie nach der Definition der Ermüdung auffassen müssen, haben wir jetzt zu untersuchen.

1. Unterschiedsempfindlichkeit und Sehschärfe.

Die Versuche wurden in der Weise angestellt, dass zunächst ein Werth der Unterschiedsempfindlichkeit und der Sehschärfe nach der oben beschriebenen Methode zur Untersuchung kam. Alsdann wurde das Auge während zwei Minuten der hellsten Beleuchtung (15000) ausgesetzt und darauf die erste Bestimmung wiederholt. Da die Modification nach der Reizung schnell abnimmt, so suchte ich die Bestimmungen möglichst zu beschleunigen, um so, wenn auch nicht zu genauen Zahlen, so doch zu einem allgemeinen Einblick zu kommen. Zahlreiche Einzelversuche ergaben nun, dass in dem Zustand nach der Reizung die Unterschiedsempfindlichkeit in höherem Grade gestört ist, als die Sehschärfe und dass ferner die Sehstörung um so stärker hervortritt, je weniger die Probeobjecte beleuchtet sind.

2. Peripheres Sehen und Farbensinn.

Um das Auge in den Zustand der Ermüdung zu versetzen, wurde auch hier zunächst ein intensiver Reiz auf die Peripherie der Netzhaut ausgeübt, was dadurch geschah, dass das Auge neben die Glocke einer er-

leuchteten Gaslampe etwa zwei Minuten lang gehalten wurde; unmittelbar darauf folgte die perimetrische Untersuchung. Bei heller Beleuchtung konnte ich eine merkbare Veränderung des Gesichtsfeldes nicht constatiren, wohl aber wenn gleich nach der Reizung in einem verdunkelten Raume untersucht wurde; und zwar fand sich alsdann in den sämmtlichen Meridianen der gereizten Netzhautpartie eine concentrische Einengung des Gesichtsfeldes für Weiss. War die Reizung sehr stark, so war die ganze gereizte Netzhauthälfte im Dunkeln wie von einem hellen wogenden Nebel bedeckt, hinter dem sich das Object völlig verbarg. Nach kurzer Zeit begann dieser Nebel mehr und mehr zu verschwinden; das Object wurde zuerst in der Nähe des Centrums, in einem Halbkreis von ungefähr 5° Durchmesser wieder wahrnehmbar; der Halbkreis erweiterte sich dann Schritt für Schritt nach der Peripherie zu, bis nach einiger Zeit wieder die *restitutio in integrum* erfolgt war.

Beim ermüdeten Auge — und dies ist eine weitere Uebereinstimmung mit dem gereizten Auge — besteht also ebenfalls eine Einengung des Gesichtsfeldes für Weiss und diese Einengung tritt um so stärker hervor, je geringer die Beleuchtungsintensität ist, bei der untersucht wird.

Ebenso begegnen wir in dem Verhalten des Farbensinnes theilweise Störungen, wie wir sie schon beim gereizten Auge kennen lernten. Landoldt[1] und Treitel[2] fanden, dass, wenn man aus einem hellen Raume plötzlich in einen dunklen eintritt, eine Dyschromatopsie zu Gunsten des Gelb und Grün besteht, und zu Ungunsten von Roth und Blau.

Was dagegen das Verhalten des Farbensinnes bei Tageslicht betrifft, so habe ich einige Ergebnisse erhalten, die vielleicht eine Unterscheidung der beiden Zustände ermöglichen. Die Versuche bestanden darin, dass zuerst während einiger Minuten eine helle Stelle am Himmel, etwa eine von der Sonne beleuchtete weisse Wolke mit dem einen Auge fixirt wurde, während das andere vor Lichteinfall sorgfältig geschützt war. Betrachtete ich darauf mehrmals abwechselnd mit dem gereizten und mit dem nichtgereizten Auge eine Farbentafel, so machte sich hierbei ein höchst auffallender Unterschied zwischen beiden Augen bemerkbar. Das gereizte Auge sah, wenn die Reizung genügend stark gewesen, alle Farben mit einem deutlichen Stich in's Rothe. Besonders fiel dies bei einem hellen Strohgelb auf, welches nun für Orange gehalten wurde, Violett ging in ein dunkles Weinroth über, Blau in Violett, das Grün verlor am meisten,

---

[1] Graefe-Saemisch's *Handbuch für Ophthalmologie.* Bd. II. S. 535.

[2] Ueber Hemeralopie und Untersuchungen des Lichtsinnes. Graefe's *Archiv für Ophthalmologie.* 1885. Bd. XXXI. S. 151.

es erschien schmutzig grün oder auch ganz farblos grau, das Roth dagegen sah noch dunkler und gesättigter aus, als mit dem ausgeruhten Auge. Sehr häufig geht diesem Rothsehen ein Zustand von Grünsehen voraus. Alle Farben erscheinen dann mit einem Stich in's Grüne; das Zinnoberroth wird gar nicht mehr erkannt, sondern wird für ein intensives Hellgrün gehalten.

Auch die Prüfung ohne Farbentafel zeigt schon diese Chromatopsie des modificirten Auges. Fixirt man nach der Reizung abwechselnd mit den beiden Augen eine weisse Fläche, so sieht man erst in schneller Reihenfolge blasse, grünliche, gelbliche und bläuliche Farbentöne, denen dann mehrere Minuten lang anhaltend das Roth folgt. Dasselbe steigert sich zuerst immer mehr bis zu einem lichtstarken tiefen Carmoisinroth. Alsdann glaubt man leicht mit dem nichtgereizten Auge die weisse Fläche in der Contrastfarbe zu sehen; doch habe ich mich überzeugt, dass diese Grünempfindung aus dem gereizten Auge stammt, wo sie in dem Momente entsteht, wenn dieses geschlossen wird.[1]

Je nach der Farbe des reizenden Lichtes wird die Chromatopsie natürlich verschieden sein; ein Umstand, der sich schon bei verschiedener Beleuchtung der Wolken bemerkbar macht. Ausserdem hängt die Art dieser Chromatopsie von der Dauer und Intensität des die Ermüdung herbeiführenden Reizes ab, sowie von dem Zeitintervall, welches nach dessen Einwirkung verstrichen ist.

Ueberblicken wir nun die bisherigen Untersuchungen, so ergiebt sich, dass die Erscheinungsgruppen, die den verschiedenen Zuständen verminderter Erregbarkeit zugehören, sehr verschieden sind und sich scharf von einander trennen lassen. Die wesentlichsten Merkmale, die jeden der drei untersuchten Zusände charakterisiren, sind, so weit wir sie kennen gelernt haben, folgende:

I. Verminderte Erregbarkeit durch einfache Schwäche.

1. Unterschiedsempfindlichkeit und Sehschärfe sind ungefähr in gleichem Verhältniss gestört; das Verhältniss wird durch Verdunkelung nicht wesentlich verändert.

[1] Es ist eine Thatsache, die auf den ersten Blick wohl auffällig, aber bei näherer Ueberlegung leicht erklärbar ist, dass wenn nur das eine Auge von einem Lichtreize getroffen wird, wir nicht anzugeben im Stande sind, welches von beiden das gereizte ist. Betrachtet man in einem sehr kleinen Spiegel, z. B. einem Kehlkopfspiegel, irgend einen Gegenstand, so kann man sich durch Schluss des einen oder anderen Auges überzeugen, dass man in dem Urtheil darüber, ob der Gegenstand mit dem rechten oder linken Auge gesehen wird, irrt.

2. Quantitative Roth-Grün-Blindheit; Gelb und Blau werden am längsten wahrgenommen.

3. Die Farbengrenzen sind in der typischen Reihenfolge eingeengt.

4. Die Weissgrenzen unverändert.

II. Verminderte Erregbarkeit durch Reizung.

1. Die Unterschiedsempfindlichkeit ist mehr gestört als die Sehschärfe; die Disproportionalität beider Functionen nimmt um so mehr zu, je mehr die Probeobjecte verdunkelt werden.

2. Quantitative Dyschromatopsie für die dunkleren Farben, besonders Violett und Blau, weniger für Roth, Grün und Gelb.

3. Concentrische Einengung der Farbengrenzen mit Veränderung der typischen Reihenfolge; besonders zu Ungunsten des Blau.

4. Concentrische Einengung der Weissgrenzen.

5 Hemeralopie.

III. Verminderte Erregbarkeit nach der Reizung. (Ermüdung).[1]

Stimmt in allen Punkten, soweit sie bekannt sind, mit II überein; nur bei der Beleuchtung mit Tageslicht besteht Chromatopsie (hauptsächlich Roth- und Grünsehen), in Folge dessen einzelne Farben (besonders Roth) sehr lebhaft empfunden werden, während die betreffende Contrastfarbe besonders schlecht erkannt wird.

Wir kommen nun zu dem letzten Theil unserer Aufgabe, einer Vergleichung der für die einzelnen Amblyopieformen charakteristischen Symptomencomplexe mit denen, welche im Vorhergehenden experimentell gewonnen worden sind. Zur Ausführung eines solchen Vergleiches sind nun aber pathologische Untersuchungen erforderlich, die den physiologischen voll-

[1] Wenn man die Erregbarkeitsverminderung, welche durch längeres oder kürzeres Functioniren eines Organes erzeugt wird, Ermüdung nennt, so sehen wir hier, wenigstens für den Fall des Gesichtssinnes, dass die Ermüdung nicht als „einfache Schwäche", sondern als eine modificirte Verminderung der Leistungsfähigkeit aufzufassen ist, die mit dem Erregbarkeitszustand des gereizten Organes sehr nahe verwandt ist.

ständig parallel gehen und unter möglichst denselben Bedingungen gewonnen worden sind, wie jene. In Ermangelung dessen muss die Entscheidung vorbehalten bleiben; eine kurze Durchmusterung der verschiedenen Amblyopien in dieser Richtung wird aber vielleicht zu einer vorläufigen Orientirung dienen können.

Bezüglich des Verhältnisses zwischen Unterschiedsempfindlichkeit und Sehschärfe stehen mir einige eigene Untersuchungen zu Gebote, die ich im Verein mit Hrn. Dr. Maurice Mendelssohn in der Abtheilung für Nervenkranke des Hrn. Prof. Charcot in Paris, dem ich auch an dieser Stelle meinen wärmsten Dank auszusprechen mir erlaube, im Jahre 1885 und 1886 angestellt habe. Wir hatten damals in der Absicht, das Verhalten der psychophysischen Gesetze unter pathologischen Umständen zu untersuchen, eine grössere Anzahl von Nervenleidenden auf deren optische Unterschiedsempfindlichkeit geprüft.[1]

Zu diesen Untersuchungen wurden Tafeln aus weissem, sehr dicken Löschpapier benützt, auf welchen mit verschieden stark concentrirter Tuschlösung 10^{cm} grosse Buchstaben aufgetragen waren. Von Nummer zu Nummer war die benützte Lösung in einem bestimmten Verhältniss verdünnt, so dass die Buchstaben immer heller wurden und bei einer gewissen Verdünnung auch vom normalen Auge nicht mehr wahrgenommen werden konnten. Wir hatten 52 Nummern auf 13 Tafeln, jede Nummer zu drei Buchstaben. Die photometrische Messung derselben, die ich hier nicht weiter beschreiben will, ergab, dass der relative Unterschied variirte im Verhältniss von 1:48. Die Unterschiedsempfindlichkeit wurde dadurch bestimmt, dass wir die Kranken in einer Entfernung von 40^{cm} von den Tafeln lesen liessen und die Schwelle durch die hellste Nummer festsetzten, die noch erkannt werden konnten. Um stets möglichst dieselbe Tagesbeleuchtung zu verwenden, nahmen wir die Versuche in den Mittagsstunden in einem solchen Abstand vom Fenster vor, dass dabei für unsere normalen Augen stets ein und dieselbe Schwelle erreicht wurde.

Die Amblyopieformen, die wir untersuchten, waren besonders die tabische, die alkoholische, die hysterische und die Hemiopie. Diese Untersuchungen liessen deutlich erkennen, dass man nach dem Verhalten der Unterschiedsempfindlichkeit zur Sehschärfe die erwähnten Amblyopien in zwei Classen theilen kann. Bei der ersten Classe ist vorwiegend die Sehschärfe gestört und dahin gehört die tabische, die alkoholische Amblyopie und die centrale Hemiamblyopie. Bei der zweiten Classe ist umgekehrt die Unterschiedsempfindlichkeit in höherem Maasse gestört, als die Sehschärfe und dies ist der Fall bei der hysterischen Amblyopie.

Dieses Verhalten war in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle sehr deutlich. Die erste Classe hatte besondere Schwierigkeiten, die Snellen'schen Proben zu lesen, während sie in den Tafeln für die Unterschiedsempfindlichkeit oft noch beinahe die hellsten Nummern erkannten. Die Hysterischen lasen dagegen häufig noch die kleinste Snellen'sche Schrift, wobei sie Buchstaben der Unterschiedstafeln überhaupt gar nicht mehr sahen, die von einem normalen Auge noch auf grosse Distanz wahrgenommen werden konnten.

---

[1] *Archives de Neurologie.* Juli 1887.

Fragen wir nun, welche Amblyopieformen mit Wahrscheinlichkeit auf eine einfache Schwäche sich zurückführen lassen, so werden wir zunächst an die einfache Atrophie denken. Es ist einleuchtend, dass dem anatomischen Befund der einfachen Atrophie der physiologische Befund der einfachen Schwäche entsprechen wird. In der That stimmt hierzu das Verhalten der Unterschiedsempfindlichkeit und Sehschärfe, wie oben erwähnt, sowie die typische Dyschromatopsie, bei welcher die Farben in der Reihenfolge Grün, Roth, Blau verloren gehen. Die Einengung des Gesichtsfeldes für Weiss spricht allerdings dagegen, doch nur scheinbar, wenn man bedenkt, dass die Localisation des Processes, nach anatomischen Untersuchungen keine gleichmässige ist, sondern sich besonders früh und stark an der Peripherie markirt.

Einen Gegensatz bezüglich der Localisation bietet hierzu die alkoholische Amblyopie, welche bekanntlich meist bei normalen Aussengrenzen nur einen gewissen centralen Theil einnimmt. Die Störungen von Seiten der Unterschiedsempfindlichkeit, der Sehschärfe, sowie des Farbensinnes, welche denselben Typus einhalten, wie bei der tabischen Amblyopie, lassen vermuthen, dass auch hier derselbe physio-pathologische Zustand dem Symptomenbild zu Grunde liegt.

Ferner gehört vielleicht noch hierher, wenigstens nach dem Verhalten der Unterschiedsempfindlichkeit und Sehschärfe, die Hemiamblyopie.

Bezüglich der Zustände von Reizung oder secundärer Modification werden besonders in Betracht kommen: die Hemeralopie, sowohl die idiopathische als die bei Retinitis pigmentosa auftretende und ferner die hysterische Amblyopie; ausserdem noch verschiedene Formen der Retinitis und Choroiditis, auf welche wir hier nicht näher eingehen.

Auf die Aehnlichkeit der Hemeralopie mit dem Zustande mangelhafter Adaptation haben schon Förster,[1] Kuschbert[2] und Treitel[3] hingewiesen. In der That sind ja die Hauptsymptome, welche wir für diese Classe von Störungen experimentell festgestellt haben, auch zugleich die Hauptsymptome der Hemeralopie. Hinzu kommt noch das aetiologische Moment, indem die idiopathische Hemeralopie sehr gewöhnlich durch eine Ueberreizung mit grellem Licht hervorgerufen wird. Was den Farbensinn betrifft, so haben schon Förster[4] und Treitel[5] auf die mangelhafte Per-

---

[1] *Ueber Hemeralopie und die Anwendung eines Photometers im Gebiete der Ophthalmologie.* Breslau 1857. S. 33.

[2] *Deutsche medicinische Wochenschrift.* 1884. Nr. 21 u. 22. (Cit. nach Treitel.)

[3] Ueber Hemeralopie und Untersuchung des Lichtsinnes. Graefe's *Archiv für Ophthalmologie.* 1885. Bd. XXXI. S. 139.

[4] A. a. O. S. 35.

[5] A. a. O. S. 151.

ception der dunkleren Farben Blau und Roth gegenüber den helleren Grün und Gelb aufmerksam gemacht. Wolffberg[1] giebt an, dass bei allen Amblyopien mit krankhafter Veränderung des Pigmentepithels eine Einschränkung der Farben mit Umkehr der typischen Reihenfolge beobachtet wurde, derart, dass Roth weiter gesehen wird als Blau, dass Blau oft aus dem Gesichtsfeld verschwunden ist, wenn Roth noch relativ weite Grenzen hat.

Untersuchungen über das Verhältniss der Unterschiedsempfindlichkeit zur Sehschärfe bei Hemeralopie stehen mir nicht zu Gebote.

Auch die Erscheinungen der hysterischen Amblyopie sind zum Theil ähnlicher Natur.

Die Hauptsymptome derselben sind:

1. Störung der Unterschiedsempfindlichkeit und Sehschärfe und zwar zu Ungunsten der ersteren.

2. Concentrische Einengung des Gesichtsfeldes für Farben mit Veränderung der typischen Reihenfolge zu Gunsten der hellen Farben Gelb und Roth, zu Ungunsten der dunkleren Blau und Violett.

3. Centrale Dyschromatopsie in demselben Sinne.

4. Concentrische Einengung des Gesichtsfeldes für Weiss.

Die Thatsache, dass viele Hysterische bei Verdunkelung besser sehen, spricht allerdings für Hyperaesthesie, widerstreitet aber wohl nicht der Annahme eines Ermüdungszustandes, da vielmehr gerade überempfindliche Augen bei der gewöhnlichen Reizung durch helles Tageslicht besonders leicht zu Ermüdung geneigt sein werden.

Dies sind wohl zunächst die Amblyopieformen,[2] als deren Grundlage solche einfache pathologisch-physiologische Zustände vermuthet werden dürfen, wie sie uns bis jetzt beschäftigt haben. Wir sind dabei von der möglichst einfachen Voraussetzung ausgegangen, dass ein und derselbe physiologische Zustand sich gleichmässig über einen ganzen Querschnitt irgendwo im optischen Apparate verbreite. Es ist nun noch kurz der Möglichkeit zu gedenken, dass Modificationen dieser einfachen Bedingungen vorliegen

[1] A. a. O. S. 77.

[2] Die Classificirung der Amblyopien, welche wir hier auf Grund physiologischer Untersuchungen aufgestellt haben, stimmt ganz überein mit der mir erst nachträglich bekanntgewordenen Eintheilung, zu welcher Förster auf klinischem Wege schon vor längerer Zeit gelangt ist (vergl. Förster. Zehender's *Klinische Monatsblätter.* 1871). In dieser Uebereinstimmung der klinischen mit den experimentell gewonnenen Ergebnissen darf gewiss eine Sicherung der obigen Erörterungen gesehen werden.

Dieselben können zunächst durch ungleichmässige Localisation des pathologischen Processes gegeben sein, wie dies z. B. bei der tabischen und alkoholischen Amblyopie der Fall ist.

Ein besonderer hierher gehöriger Fall ist der, dass unter einer gegebenen Anzahl Elemente eines Querschnittes (z. B. Sehnervenfasern oder Netzhautelemente) ein bestimmter Theil ergriffen, während andere intact sind, und dass die gesunden und kranken Elemente mehr oder weniger gleichmässig vertheilt neben einander liegen. Welche Form der Sehstörung wird hieraus hervorgehen? Es ist zu erwarten und es geht aus anderen Thatsachen, deren Beibringung hier zu weit führen würde, hervor, dass alsdann die Sehschärfe in höherem Maasse gestört sein muss, als die Unterschiedsempfindlichkeit.[1]

Eine andere Art der Complication kann dadurch entstehen, dass verschiedene physiologische Zustände an ein und derselben Stelle sich combiniren; wie ja häufig Reizungs-, Ermüdungs- und Lähmungserscheinungen durch dieselbe pathologische Ursache gleichzeitig hervorgerufen werden. Ferner kann die Complication in der Form gegeben sein, dass der pathologische Reizzustand sich nicht in der Ruhe des Organes kundgiebt, sondern nur unter dem Einflusse und nach Maass der physiologischen Reizung, wofür ja auch motorische Analogien vorhanden sind u. s. w.

Auch derartige Complicationen wird man zum Theil leicht einem experimentellen Studium unterziehen können; ebenso darf man wohl erwarten, dass analoge Untersuchungen über die drei Zustände verminderter Erregbarkeit wie hier beim Gesichtssinn auch bei den anderen nervösen Organen zu Resultaten führen werden.

---

[1] Auch bei den uncorrigirten Anomalien der Refraction und Accommodation liegt dasselbe Verhalten vor.

Die Beziehungen zwischen der Dichtigkeit und den reizenden Wirkungen der NaCl-Lösungen.

Von

Dr. Carslaw.

(Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.)

Neben der oft wiederholten Angabe, dass eine mehrprocentige NaCl-Lösung auf den ruhenden reizbaren Muskel angewendet, Zuckungen und Aenderungen der Reizbarkeit bedinge, finden sich hin und wieder andere, welche darauf schliessen lassen, dass auch minderwerthige Lösungen des NaCl's reizend zu wirken vermögen. Die letzteren veranlassten Hrn. Prof. C. Ludwig, mich zu einer planmässigen Untersuchung der NaCl-Lösungen, namentlich der unter 0·5 grädigen, aufzufordern, um ihre Wirkungen mit denjenigen der höher concentrirten vergleichen zu können.

Zum Versuche diente wesentlich der vom Plex. ischiadicus versorgte Körpertheil des Frosches. Nur einige Versuche wurden des Vergleiches wegen mit den entsprechenden Stücken des Säugethieres angestellt. Die Lösungen wurden den Nerven und Muskeln von den Blutgefässen aus unter jeweilig unveränderlichem Drucke zugebracht, die von dem NaCl-Reiz bedingten Bewegungen von den Gastrocnemii aufgeschrieben, die Aenderungen der Reizbarkeit durch den elektrischen Strom gemessen, welcher entweder auf den Plex. ischiadicus oder unmittelbar auf die Muskeln angewendet wurde. — Hülfreich für die rasche und sichere Erfüllung der ausgesprochenen Forderungen erwies sich der in Fig. 1 abgebildete Apparat.

Das Brettchen aus Hartgummi trägt auf seiner Fläche einen Stift *a*, auf dem der Frosch reitet und zwei verstellbare Klammern *b b* zur Befestigung beider Darmbeine. An den Seitenkanten sind zwei Stäbe *c c* zur Aufnahme der verstellbaren Schenkelklemmen angeschraubt. Ausser diesen

fünf zur Befestigung des Froschrestes dienenden Stücken sitzt auf dem Brett noch eine Charnierhülse *d* zur Aufnahme und Festlegung der Glascanüle, deren fein ausgezogenes Ende in der Aorta des Frosches kurz vor dem Abgang beider Iliacae eingebunden ist. Ueber das freie Ende der Canüle ist ein Kautschukrohr gezogen, durch welches die Lösungen den

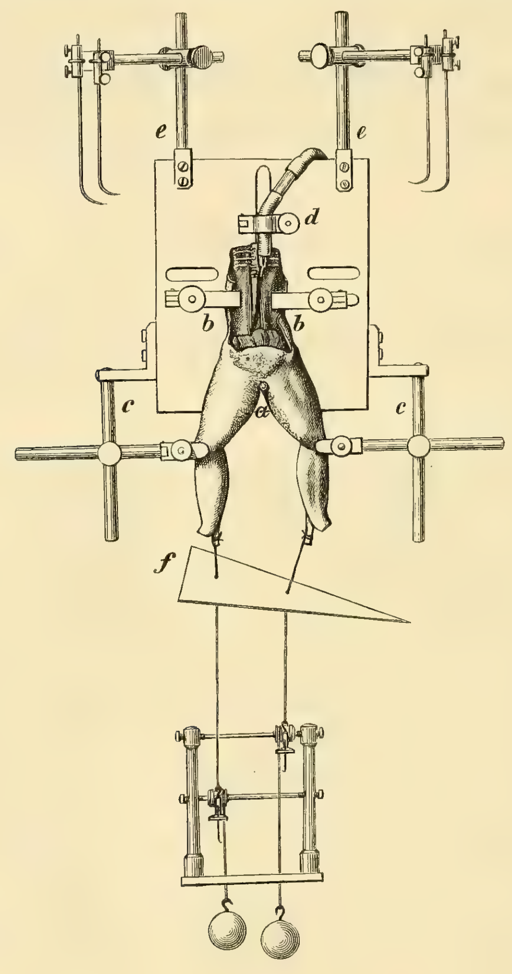


Fig. 1.

Schenkeln zuflossen. In ihren Behältern standen die Lösungen unter einem Hg-Druck, der beliebig zu ändern war, dann aber während der Dauer von vielen Minuten auf demselben Stand erhalten blieb. Die Höhe des Druckes zeigte ein Manometer an, dessen Nullpunkt der Verbindungsstelle von Aorta und Canüle gegenüberlag. Mit der Druckflasche wurden je zwei von

verschieden concentrirten Lösungen erfüllte Glaskugeln verbunden, wenn es in der Absicht lag, zwei ungleich dichte Flüssigkeiten rasch nach einander zuströmen zu lassen. — An die obere Kante des Brettchens waren zwei Träger *e e* geschraubt zur Aufnahme von je zwei von einander isolirten Elektroden. Vor dem Beginn des Versuches wurden dieselben unter die Plexus ischiadici geschoben. Mit jedem der Gastrocnemii war ein Schreibhebel verbunden; Feder und Gewicht waren nach den Vorschriften von Ad. Fick geordnet. Zwischen dem Träger der Schreibhebel und dem freischwebenden Ende des Froschpraeparates lag eine Blechrinne *f* zur Ablenkung der aus den Venen herabtropfenden Flüssigkeit.

Alle reinen Na Cl-Lösungen ändern die Eigenschaften des bis dahin vom Blute durchströmten Muskels, doch nicht alle in gleicher Weise. Namentlich aber wirken die Lösungen, welche weniger als 0·5 proc. NaCl enthalten, wesentlich anders als die salzreicheren. Zwischen den Wirkungen beider besteht mehr als ein nur gradweiser Unterschied.

1. Lösungen, die in 100 Theilen weniger als 0·5 Theil NaCl enthalten, bedingen, wenn sie durch die Gefässe des überlebenden Frosches geleitet werden, kurzdauernde, kraftvolle Tetani der Muskeln, welche von kurzen Ruhezeiten unterbrochen, in grösserer Zahl aufeinander folgen. Wenige Minuten nach ihrem Beginn beruhigen sich die Bewegungen, trotzdem die Salzlösung ununterbrochen durch die Gefässe strömt. Der Grund, weshalb von nun an die Salzlösung ihre reizenden Wirkungen verloren hat, liegt nicht in der Einbusse der Erregbarkeit des Praeparates. Denn zwei vollkommen gleiche Inductionsströme, von welchen der eine vor der Einleitung der Lösung, der andere nachdem sie unwirksam geworden, angewendet sind, veranlassen vom Plexus ischiadicus aus den gleich stark belasteten Muskel zu Zuckungen von demselben oder von nur wenig unterschiedenem Umfang. Zu einem vorläufigen Einblick in die Erscheinungsreihe kann das Autogramm Fig. 2 auf der folgenden Seite und nächstdem ein mehrfaches Zahlenbeispiel dienen.

An das Autogramm schliessen sich zwei zahlenmässig ausgedrückte Beobachtungen. — Um die Aenderungen der Reizbarkeit, welche sich unabhängig vor der Durchströmung einfinden, schätzen zu können, wurde nur durch einen der beiden Schenkel die Lösung mit 0·2 procent. Na Cl geführt, beiderseits dagegen die Wirkungsfähigkeit des Inductionsstromes geprüft.

I. Der Stromdruck beträgt 40^{mm} Hg, die Belastung des Muskels 25^{grm}. Nach dem Beginn des Salzstromes erscheint in der 48. Secunde der erste, in der 61. Secunde der höchste, in der 218. Secunde der letzte Tetanus.

Bei dem Rollenabstand von 17^{cm} erzielte ein Inductionsschlag auf den Plexus ischiadicus von dem mit 25^{grm} belasteten Muskel aus: vor dem

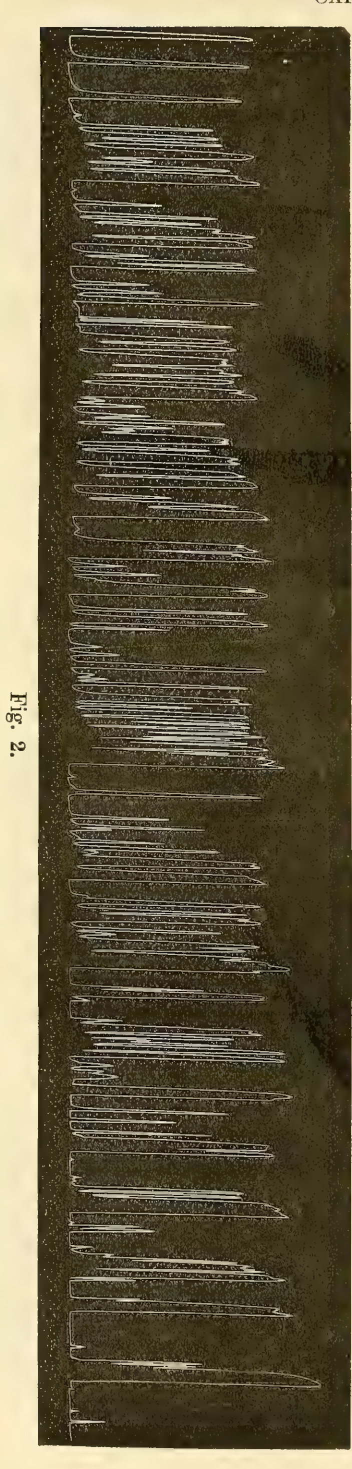


Fig. 2.
Die Zeit, während welcher der M. gastrocnemius die Figur schrieb, betrug 100 Secunden. — Die zugeführte Lösung besass einen Gehalt von 0·2 Procent Na Cl der Muskel war mit 25 ^{grm} belastet.

Beginn der Durchströmung einen Hub von 14·5 ^{mm} und 300 Secunden später, während welcher der Strom fortwährend geflossen war, einen Hub von 13·5 ^{mm}.

Auf der gegenüberliegenden nicht durchströmten Seite betrug der Hub zur Zeit, als die Durchströmung des anderen Gliedes begann, 20 ^{mm} und 300 Secunden später 18·5 ^{mm}.

II. Stromdruck = 40 ^{mm} Hg Belastung 25 ^{grm}. Nach dem Beginn des Stromes erscheint in der 74. Secunde der erste, in der 420. Secunde der letzte Tetanus.

Bei einem Rollenabstand von 25 ^{cm} und einer Belastung von 25 ^{grm} bedingte ein Inductionsschlag vor dem Beginn der Zuleitung des Salzes einen Hub von 20 ^{mm} und 465 Secunden nach derselben einen Hub von 12 ^{mm}.

Auf der gegenüberliegenden nicht durchströmten Seite brachte der zu 0 und der zur 465. Secunde angewendete elektrische Reiz den gleichen Hub hervor.

Die Reihe der Erscheinungen, welche soeben vorgeführt wurde, ändert mit dem Wechsel der Bedingungen ihre Gestalt. Je nach dem Verdünnungsgrade der Lösung, dem Druck, unter dem sie in die Gefässe strömt, verzögert oder beschleunigt sich der Beginn der tetanischen Kette, verlängert sich die Dauer ihres Bestehens, und die der Pausen zwischen je zwei auf einander folgenden Anfällen. Auch die Eigenart des Frosches kommt zum Ausdruck, vor Allem

aber ob er unvergiftet oder nach der Eingabe von Curare dem Versuche unterworfen ward.

a. Dichtigkeitsgrad der eingeführten Na Cl-Lösung. Eine Lösung von 0·4 Procent Na Cl rief zwar oft, keineswegs jedoch jedes Mal die tetanischen Anfälle hervor. Zu einem sicheren Erfolge führen dagegen Lösungen von geringerer Dichtigkeit. Ruft eine 0·4 procentige Lösung die tetanischen Anfälle hervor, so erscheint der erste derselben später als unter der Anwendung einer 0·2 procentigen; die gesammte Summe der tetanischen Anfälle und der Umfang jedes einzelnen ist geringer, die Dauer der Ruhezeiten zwischen je zweien aufeinander folgenden dagegen grössser bei 0·4 als bei 0·2 procentiger Lösung. Das ebenbemerkte gilt nur dann, wenn die Lösung bestimmten Dichtigkeitsgrades, ohne Vorausgang einer anderen oder etwa nach dem einer 0·5 procentigen Flüssigkeit, eingeführt wurde.

Nöthig erschien es mir, den Versuch dahin abzuändern, dass man zuerst eine an Na Cl reichere, und dann, nachdem dieselbe unwirksam geworden, eine an Na Cl ärmere zuströmen liess. Folgt auf den Strom einer 0·4 procentigen Lösung, nachdem ihre Wirksamkeit zweifellos erschöpft ist, ein anderer mit 0·2 Procent Na Cl, so erzeugt diese von Neuem tetanische Anfälle, doch ist ihre Zahl nur geringer, und die zwischen je zweien gelegenen Ruhezeiten sind länger, als wenn dieselbe Lösung ohne Vorausgang der 0·4 procentigen angewendet wäre. Ganz wirkungslos verhält sich dagegen eine 0·1 procentige Lösung wenn sie auf eine 0·2 procentige folgt, nachdem diese bis zur Erschöpfung ihrer Leistungsfähigkeit angewendet war. Ebensowenig kann der 0·2 procentigen Lösung die verlorene Befähigung dadurch wieder ertheilt werden, dass man nach der Erschöpfung ihrer Wirkungen längere Zeit hindurch eine 0·5 procentige Na Cl-Lösung folgen und dann die 0·2 procentige wieder zuströmen lässt. Der Zustand, in welchem der Muskel sich befinden muss, wenn die 0·2 procentige Na Cl-Lösung zur Auslösung der tetanischen Anfälle vermögend sein soll, kann, wenn einmal verloren, durch eine concentrirtere Na Cl-Lösung nicht wieder hergestellt werden.

b. Mit der Höhe des Druckes, unter welchem die Flüssigkeit eingetrieben wird, ändern sich alle Aeusserungen der Erscheinung. Je höher der Druck, um so früher beginnen die tetanischen Anfälle, und um so rascher folgen sie einander. Hiervon und namentlich von dem Einfluss des Druckes auf die Dauer der Ruhezeiten zwischen den aufeinander folgenden Tetani kann man sich leicht überzeugen, wenn man nach dem Eintritt derselben die Hg-Säule hebt und senkt; bei einem Druck von 20 ^{mm} Hg verlängern sich die Pausen, sie verkürzen sich alsbald, sowie der Druck auf 60 ^{mm} Hg gestiegen ist. Auch für die Erzeugung der Tetani ist der Druck bedeutungsvoll. Bei der Verwendung einer 0·4 procentigen Na Cl-Lösung

ist es mir mehrmals begegnet, dass die bis dahin vermissten Tetani zum Vorschein kamen, wenn der Stromdruck von 20 oder 40 ^{mm} auf 60 ^{mm} Hg erhöht wurde.

Gleicher Weise gelingt es auch, wenn eine 0·2 procentige Lösung strömt, die scheinbar erloschene Wirkung derselben wieder zu beleben, vorausgesetzt, dass der bis dahin verwendete Stromdruck von 20 ^{mm} Hg auf 40 ^{mm} erhöht wird. Während des Fliessens unter niederem Drucke folgen sich die Tetani nach langen Pausen und endlich hören sie auf; sie kehren zurück, wenn nun der Druck gestiegen ist und sie setzen in rascher Folge ein, aber nur für kurze Zeiten; dann erweisst sich auch ein weiteres Anwachsen des Druckes als unwirksam. Die Reizbarkeit des Muskels für verdünntes Na Cl-Wasser wird demnach erst vollkommen erschöpft durch einen kräftigen Strom 0·2 procentiger Lösung.

Gegen die Vermuthung, dass in diesen Beobachtungen weniger der Verdünnungsgrad der Lösung, vielmehr dagegen der Druck der strömenden Flüssigkeit den Reiz abgegeben habe, spricht der Umstand, dass die Tetani sogleich zum Schweigen zu bringen sind, wenn ohne Aenderung des Druckes an die Stelle der mindergrädigen eine Lösung von 0·5 Procent Na Cl gesetz wird.

Ziffermässig die in Worten ausgedrückten quantitativen Angaben zu belegen, ist misslich, weil die in Frage kommenden Zeit- und Grössenwerthe sehr schwanken, vielleicht schon darum, weil das Salzwasser nicht gleichmässig durch die Gefässe des zum Schreiben benutzten Muskels fliesst.

Als Grenzwerthe für den zeitlichen Abstand zwischen dem Beginn des Stromes und dem der tetanischen Kette können nach meinen Beobachtungen, wenn die Lösung 0·2 Procent Na Cl enthält und ihr Strom unter 40 ^{mm} Hg fliesst, 30 bis 70 Secunden angesehen werden. Die Zeitdauer, während welcher die Tetani unter den genannten Umständen auftreten, bewegt sich zwischen 4 und 10 Minuten. Aus den Angaben folgt, dass mit der zunehmenden Dichtigkeit der Lösung oder dem abnehmenden Stromdruck sich die fraglichen Zeiten vergrössern.

Schon vorhin wurde mitgetheilt, dass der Muskel für den elektrisch erregten Nerven noch in hohem Grade reizbar ist, nachdem er von einer unter 0·5 Procent haltenden Na Cl-Lösung so lange durchströmt gewesen ist, bis sie ihre reizenden Eigenschaften eingebüsst hat. Auch wurde schon erwähnt, dass in der Regel von den Schenkeln des Praeparates nur der eine von der Na Cl-Lösung durchflossen war, dass dagegen die Nerven beiderseits unmittelbar vor dem Beginn der Durchströmung und einige Zeit nach dem Aufhören der Tetani mit dem elektrischen Reiz behandelt wurden, damit schätzungsweise die Aenderungen der Leist- und

Reizbarkeit, welche von Zufälligkeiten bedingt gewesen, von denen zu scheiden waren, welche der Anwesenheit der verdünnten Salzlösung selbst zugeschrieben werden müssen.

Unter meinen Aufzeichnungen finden sich Vorkommnisse, bei welchen die Rollenabstände zur Erzielung der Minimal- und der Maximalzuckung vor Beginn und nach Vollendung der tetanischen Anfälle vollkommen übereinstimmten und andere, bei welchen zu den genannten beiden Zeiten derselbe Rollenabstand den stets gleich belasteten Muskel zu gleich hohen Zuckungen veranlasste. Dass die Reizbarkeit des Nerven und nicht minder die Leistungsfähigkeit des Muskels sich unverändert erwiesen, trotzdem der mit 25 ^{grm} belastete Muskel zwischen den beiden Prüfungen eine grosse Zahl von Tetanis vollführt hatte, wird deshalb minder auffallend, weil die Tetani zwar mächtig, aber keineswegs maximal waren.

In der Mehrzahl der Beobachtungen wurden dagegen Nerv und Muskel nach Vollendung der Tetani etwas weniger reizbar und merklich weniger leistungsfähig gefunden, als unmittelbar vor dem Zuleiten der Na Cl-Lösung. Dem Anschein nach war der Unterschied der irritabeln Eigenschaften zwischen der ersten und der zweiten Prüfung um so grösser, je länger und unter je höherem Druck die Strömung bestanden hatte.

Niemals jedoch war durch die tetanische Kette die Erregbarkeit des Nerven und Muskels bis zum Verschwinden herabgesetzt, im Gegentheil auch in den ungünstigsten Fällen war die Hubfähigkeit noch sehr kräftig vorhanden.

Bei der Anwendung einer 0·4 procentigen Na Cl-Lösung hatten nicht alle Frösche den Salzstrom mit tetanischen Anfällen beantwortet. Aus dem ungleichen Verhalten gegen das Salzwasser erhob sich die Frage, ob auch ein ähnlicher Unterschied zwischen der Empfindlichkeit gegen den elektrischen Reiz bestehe. Dem Anschein nach ist dieses nicht der Fall, wenigstens besteht kein nothwendiger Zusammenhang. Praeparate, deren Muskeln von den Nerven aus schon durch sehr schwache Inductionsströme zuckten, verhielten sich gegen 0·4 procentiger Na Cl-Lösung schweigend und umgekehrt. Könnten gegen die Art der Vergleichung nicht allzu gerechte Einwände erhoben werden, so würde die Erfahrung bedeutungsvoll sein, dass die Empfindlichkeit des Muskels gegen die erregten Nerven unabhängig von der gegen den Strom des Salzwassers sinken und steigen könne.

Eine eigenthümliche Umgestaltung erleidet die Wirkung der unter 0·5 Procent liegenden Na Cl-Lösungen, wenn sie an den mit Curare vergifteten Schenkeln zur Geltung kommt. Der Erfolg bleibt derselbe, ob der Frosch vor der Entblutung mit Curare bis zur vollen Vergiftung behandelt gewesen, oder ob die Schenkel erst nach der Abtödtung des Thieres

vergiftet wurden. Weil das letztere Verfahren die Abweichung vom unvergifteten Zustand reiner zur Anschauung bringt, so beschränke ich mich auf seine Beschreibung.

Nachdem das Thier getödtet, sein Hintertheil über den Wurzeln des Plexus ischiadicus abgetrennt und die Canüle in die Bauchaorta, nahe über der Theilung derselben, in die Art. iliacae eingesetzt ist, wird eine der letzteren mit einer leicht lösbaren Schleife unterbunden, indess die andere offen bleibt. Alsdann wird eine 0·5 procentige Na Cl-Lösung, die mit einer stark wirksamen Auflösung von Curare versetzt ist, so lange eingeleitet, bis auch durch die stärksten Inductionsschläge auf den Plexus ischiadicus in dem zugehörigen Schenkel keine Spur von Zuckung mehr ausgelöst wird. Nachdem dieses gelungen ist, und der Plexus ischiadicus der anderen Seite seine Befähigung, Zuckungen zu erzeugen, bewährt hat, wird das Unterband der Arteria iliaca gelösst, so dass beide Schenkel dem Strom der nun verwendeten verdünnten Na Cl-Lösung zugängig sind.

Eine halbe bis ganze Minute nach dem Beginn des Zufliessens der 0·2 Procent Na Cl haltenden Lösung nimmt der tetanische Anfall im unvergifteten Schenkel seinen Anfang, schreitet von da ab in bekannter Weise vorwärts und erreicht nach dem Verlauf von 4 bis 7 Minuten sein Ende, nachdem er sehr zahlreiche und kräftige Tetani ausgeführt hat. Der vergiftete Schenkel ruht dagegen noch längere Zeit hindurch, während der unvergiftete schon die kräftigsten Bewegungen ausführt. Nach dem Verfluss von mehreren Minuten setzt er sich ebenfalls ruckweise in Bewegung. Die von ihm ausgeführten Tetani sind ebenso kräftig und ebenso vorübergehend wie die des unvergifteten Schenkels, aber die Ruhezeiten zwischen je zwei aufeinander folgendeu Anfällen sind bedeutend länger als auf der anderen Seite. Und weil zu einem annähernd gleichen Termin die beiden Schenkel zur Ruhe kommen, so hat der vergiftete beträchtlich weniger Tetani geleistet als der unvergiftete.

Eine elektrische Reizung der Plexus ischiadici, welche ausgeführt wird, nachdem die Na Cl-Lösung ihre erregende Wirkung eingebüsst hat, löst auf der Seite des vergifteten Schenkels auch jetzt keine Spur von Zuckung aus, während der andere lebhaft und kräftig zuckt. Ein Zahlenbeispiel (S. 438) und ein Autogramm (S. 437) mögen das Genauere veranschaulichen.

Bevor ich zur Besprechung der Thatsachen übergehe, die der mit Curare vergiftete Schenkel zu Tage brachte, muss ich vorausschicken, dass die 0·2 procentige Na Cl-Lösung den Nerven nicht zu erregen vermag. Die Muskeln bleiben in Ruhe, wenn man den Plexus ischiadicus auch noch so lange in die Lösung eintaucht, und der M. gastrocnemius zuckt nicht, im Gegensatz zu den Muskeln des Oberschenkels, wenn man nach der Unterbindung der Arteria cruralis die Lösung durch die Aorta eingeführt hat.

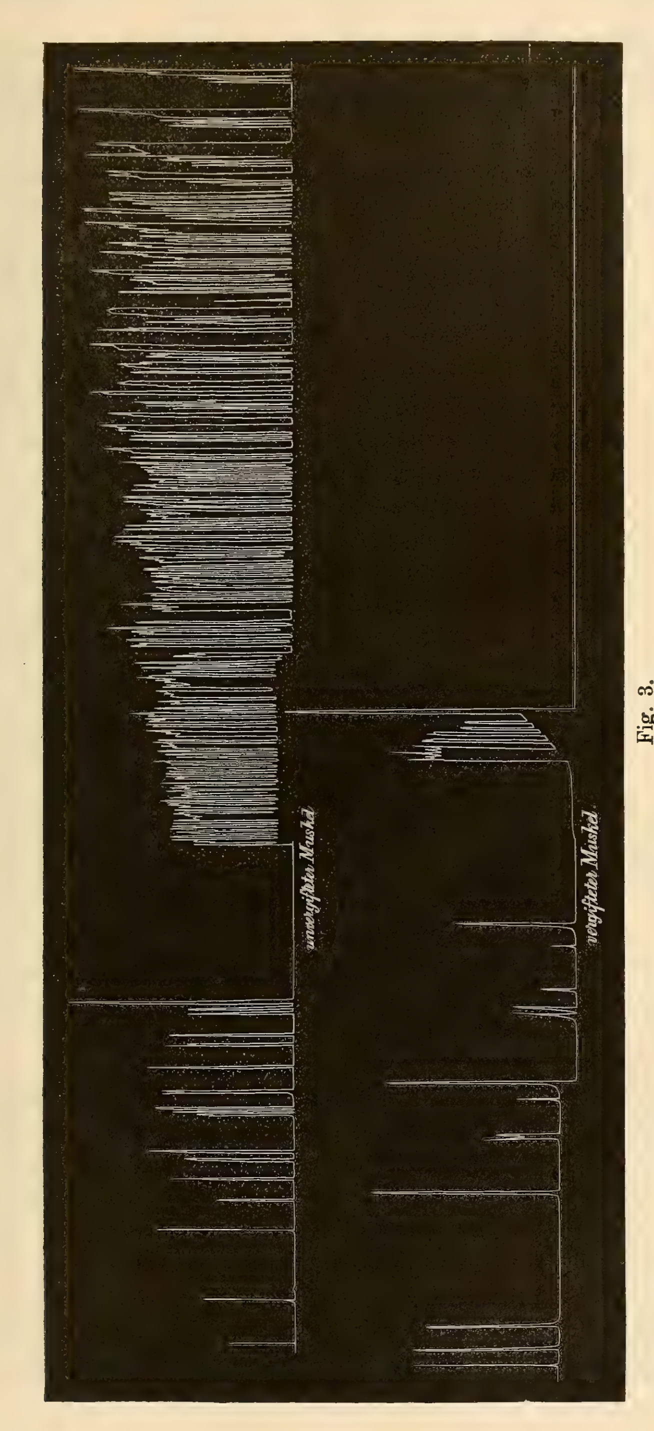


Fig. 3.

Das obere Autogramm ist vom unvergifteten, das untere gleichzeitig vom vergifteten Schenkel geliefert. Zeitdauer der Aufzeichnung 500 Secunden. — Die Zeit beginnt mit dem Erscheinen der Tetani im unvergifteten Schenkel.

Linker Schenkel unvergiftet. Rechter Schenkel mit Curare vergiftet. Beide von 0·2 procentiger Na Cl-Lösung durchströmt, unter 60 mm Hg-Druck beide Gastrocnemii zum Schreiben vorgerichtet, mit je 25 grm belastet.

Zeit	Linker Schenkel unvergiftet. Bei 36 cm R.-A. ruft der Plexus ischiadicus deutliche Zuckungen des Gastrocnemius hervor.	Rechter Schenkel vergiftet. Bei 0 R.-A. bleibt die Reizung des Plexus ischiadicus für alle Muskeln unwirksam.
0	Die Zuleitung der 0·2 procentigen Na Cl-Lösung beginnt.	Die Zuleitung der 0·2 procentigen Na Cl-Lösung beginnt.
48 Sec.	Die Tetani erscheinen.	Die Muskeln bleiben ruhig.
218 „	Die Tetani dauern fort.	Der erste Tetanus tritt auf.
244 „	Noch immer Tetani in rascher Folge.	Seltene Tetani.
515 „	Die Tetani hören auf.	Die Tetani hören auf.
720 „	Von 515 Sec., bis dahin Ruhe. Bei 28 cm R.-A. zuckt der Gastrocnemius vom Plex. ischiadicus aus.	Ruhe. Der Reiz bei R.-A. 0 auf den Plex. ischiadicus unwirksam.

Je nach den Vorstellungen, welche man von der Wirkung des Curare mitbringt, wird man unseren Versuch verschiedenartig deuten müssen. Gesetzt, das Curare vergifte ausschliesslich die Nervenendplatte, so würde die Erregung, welche die verdünnte Salzlösung bedingt von dem genannten Gebilde ausgehen. Reichlich mit Curare getränkt, würde sie sich unwirksam gegen die Salzlösung verhalten, hätte aber diese nach längerem Bestehen des Stromes einen Theil des Curare ausgewaschen, so würde sie sich nun, wenn auch schwächer als früher, reizbar erweisen. Diese Annahme verlangte den Zusatz, dass die Bestandtheile der Endplatte, welche vom gereizten Nerven aus erregt werden, verschieden von denen seien, welche die Angriffe der Salzlösung beantworten, denn der elektrische Reiz auf den Plexus ischiadicus war zu einer Zeit unwirksam, in welcher die Salzlösung Erregung hervorbrachte. Ausserdem ist es doch sehr zweifelhaft, ob die Salzlösung die Verbindung zerlegt, welche das Curare mit den Stoffen der Endplatte eingeht. Durch die mit Curare vergifteten Schenkel habe ich 30 Minuten und länger 0·5 procentige Na Cl-Lösung geleitet und danach vom Plexus ischiadicus aus so wenig als vorher Zuckungen hervorzurufen vermocht.

Wenn wir auf Grund der angestellten Erwägungen von der Nervenendplatte absehen und eine unmittelbare Wirkung der verdünnten Salz-

lösung auf den Muskel unterstellen, so bedarf es schon weiterer Annahmen, um die Kraft zu erklären, mit welcher der unvergiftete, von der Salzlösung durchflossene Muskel arbeitet, und wollte man sich über diese Schwierigkeit hinwegsetzen, so würde es unverständlich bleiben, warum der Muskel, der nach den gegenwärtigen Vorstellungen an der Curarevergiftung keinen Antheil nimmt, sich später und seltener auf der vergifteten als auf der unvergifteten Seite bewegte, da doch die Salzlösung beiderseits gleichzeitig und gleichstark die Umgebung der Gefässe benetzen musste.

Wie es scheint, deckt sich hier eine neue Leistung der Curare auf, welche vorerst ebensowenig verständlich ist wie der Einfluss des Giftes auf die Absonderung der Lymphe und auf die Lebhaftigkeit der inneren Athmung.

Quellung. Neben den ebenso rasch entstehenden als wieder verschwindenden Verkürzungen des Muskels bedingt der Strom des verdünnten Salzwassers noch eine andere, allmählich wachsende und stetig verharrende. Dass sie ihr Entstehen dem Eindringen von Flüssigkeit in und zwischen die Muskelelemente verdankt, ist deshalb sicher, weil die Verkürzung um so früher eintritt und um so rascher wächst, je verdünnter die Lösung, je höher der Druck, unter dem sie in die Aorta gelangt, und je mehr ihr Abfluss aus den Venen behindert ist. Da von vornherein die Möglichkeit besteht, dass der Reiz, welcher die Tetani veranlasst, auf der durch die Quellung bedingten Zerrung der Nerven und Muskeln beruhe, so müssen mit aller Sorgfalt die Beziehungen zwischen den tetanischen Anfällen und der dauernden Verkürzungen beachtet werden. Eine hierauf gerichtete Bestrebung wird durch die Genauigkeit unterstützt, mit welcher sich die bleibende Formänderung deshalb feststellen lässt, weil sie von dem mehrfach vergrössernden Hebel aufgezeichnet wird. Wenn eine 0·2procentige Lösung unter niederem, 40^{mm} Hg nicht übersteigendem Stromdruck ein-, und ungehindert aus den Venen abfliesst, so lässt sich sehen, dass auch nach einer 5 Minuten und länger andauernden Strömung die gerade Linie, welche der ruhende Muskel schreibt, noch nicht um messbare Bruchtheile eines Millimeters von der wagerechten Richtung abgewichen ist. Die bleibende Verkürzung wird erst sichtbar, entweder nachdem die tetanischen Anfälle ihr Ende erreicht oder sich ihm so weit genähert haben, dass sie von grösseren, 10 bis 20 Secunden dauernden Ruhezeiten unterbrochen sind. Und auch von da ab bedarf es noch einer Anzahl von Minuten, ehe die Feder sich um den Werth eines Millimeters über den anfänglichen erhöht hat. Nach dem Abschluss der tetanischen Kette nimmt mit der fortdauernden Strömung der Salzlösung die Quellung noch zu, ohne dass sich der Muskel zu Zuckungen anschickte, zu denen er, wie wir sahen, vom erregten Nerven aus

noch leicht veranlasst werden kann. Bei einem solchen Sachverhalt wird man behaupten dürfen, dass die von der Quellung bedingte Formveränderung des Muskels an der Auslösung der Tetani unbetheiligt sei.

Unverkennbar ähnelt die Erscheinungsreihe, welche von den unter halbgrädigen Na Cl-Lösungen hervorgebracht wird, derjenigen, die nach den Beobachtungen Ed. Weber's und v. Wittich's zu Tage tritt, während der Einführung destillirten Wassers in die Gefässe des Muskels. Auch das reine Wasser veranlasst den Muskel zu einer Reihe kraftvoller Tetani, welche von kürzeren und längeren Ruhezeiten unterbrochen aufeinander folgen. Nach meinen Erfahrungen liegt zwischen den Folgen des Stromes von Wasser und dem einer verdünnten Salzlösung jedoch insofern ein Unterschied vor, als die tetanischen Anfälle bei dem dauernden Fliessen des Wassers erst mit dem Erlöschen der Reizbarkeit zur endlichen Ruhe gelangen. Allerdings hören die Tetani öfters zeitweilig auf, es gewinnt dann öfters den Anschein, als ob das Wasser seine reizende Wirkung eingebüsst habe, aber alsbald brechen sie wieder hervor, so dass sich mehrfache, durch längere Ruhezeiten unterbrochene tetanische Ketten einstellen.

Daneben bedingt das reine Wasser rasch und ausgiebig ein Aufquellen des Muskels, selbst wenn der Druck, unter welchem es strömt, niedrig genommen würde. Der raschen Schwellung des Muskels mag es zuzuschreiben sein, dass die Beobachtungen v. Wittich's weniger Beachtung gefunden haben, als sie verdienen. Man war geneigt, das Wasser als einen difformirenden Reiz zu betrachten. Von dieser Vorstellung befreit uns die Wirkung einer 0·4 bis 0·2 grädigen Na Cl-Lösung, welche ihre reizende Wirkung unzweifelhaft ihrem grösseren Wassergehalt verdankt. Da die letzteren unter schwachen Stromdruck fliessend keine merkliche Quellung erzeugen, so leuchtet ein, dass auch die reizende Wirkung des Wassers unabhängig besteht von der gröblichen Formänderung des durchströmten Muskels.

2. Die Wirkungen der Lösung von 0·5 und weiter aufsteigenden Procenten an Na Cl sind schon oft, neuerlichst wieder von Biedermann und Ringer untersucht und festgestellt worden. Wenn dessungeachtet die Versuche von Neuem aufgenommen wurden, so gab hierzu das Bedenken Veranlassung, ob das Eintauchen und die Durchspülung des Muskels zu übereinstimmenden Ergebnissen führen.

Lösungen mit einem von 0·5 bis 0·7 Procent reichenden Gehalt an Na Cl pflegt man als die physiologischen zu bezeichnen; mit Unrecht, wenn ihnen damit die Befähigung zugesprochen werden soll, den Muskel in unverändertem Zustand zu bewahren. Ihr Vorzug vor allen anderen wässe-

rigen Salzlösungen besteht nur darin, dass sie das Nervenmuskel-Praeparat am wenigsten schädigen.

Während der ersten Minuten des Salzstromes verharrt der Muskel in Ruhe; jedoch nur in einer scheinbaren, wie die Prüfung des Nerven auf seine Reizbarkeit zeigt; sie nimmt mit der fortdauernden Zuleitung des salzhaltigen Stromes stetig, wenn auch sehr allmählich, ab. Nach weiteren Minuten — 5 bis 20 seit dem Beginn des Versuches — werden zitternde Bewegungen in der Muskelmasse sichtbar, fibrilläre Zuckungen, die jedoch noch nicht kräftig genug sind, um den Schreibstift zu heben. Nach dem Verlauf von noch einigen Minuten geräth nun auch der Hebel in ein Erzittern, seine Feder schreibt eine unregelmässig gestaltete Wellenlinie nieder, deren Berge um Bruchtheile eines Millimeters über den Thälern emporragen. — Von der Erscheinung giebt Fig. 4 eine Anschauung. Zu dem Autogramme gehört die Bemerkung, dass der Hebel die natürlichen Verkürzungen um gerade so viel vergrössert, als in Figg. 2 und 3 auf S. 432 und 437. Die Belastung des Muskels betrug dagegen nur halb so viel als dort.

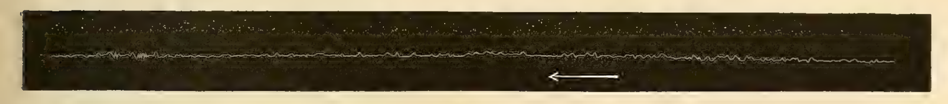


Fig. 4.

Mit der Ausführung dieser kleinsten Zuckungen fährt der Muskel viele, oft 10 bis 15 Minuten hindurch, fort, endlich aber erlöschen auch sie und die Feder des Hebels schreibt alsdann eine grade Linie. Ein stärkster Inductionsstrom, der zur Zeit des Ueberganges der Zitter- in die gerade, Linie durch den Nerven fährt, bedingt nur eine niedere Zuckung des Muskels; eine rasch wiederholte Reizung des Nerven veranlasst dagegen den Muskel zu einem umfangreichen Tetanus.

Zu einer näheren Einsicht in den Zustand, welchen die 0·5 bis 0·7 procentige Na Cl-Lösung dem Praeparate ertheit, dient, dass, wenn in dem Zeitabschnitte des Auftretens der kleinen Zuckungen das Zuströmen der Flüssigkeit aufhört, auch der Muskel sich alsbald beruhigt, aber schon nach 10 bis 30 Secunden wieder zittert, wenn die Salzlösung von Neuem strömt.

Als Beleg für die gegebene Beschreibung dient die folgende Mittheilung aus meinen Aufzeichnungen.

Lösung von 0·5 Procent Na Cl. Stromdruck 30^{mm} Hg. Belastung 12^{grm}. Reizung des Plexus ischiadicus durch den Inductionsstrom.

Strom.	Zeit.	Reizstärke.	Hub.	Muskelcurve.
Vor Beginn		15^{cm} R.-A.	13^{mm}	
Beginnt	0 Sec.	"		
	9 "	"	12^{mm}	
	250 "	"	7^{mm}	Schwaches Zittern.
	486 "	"	2^{mm}	Deutliches Zittern.
	624 "	10^{cm} R.-A.	1^{mm}	Deutliches Zittern.
	911 "	0^{cm} R.-A.	8^{mm}	Deutliches Zittern.
Unterbrochen	986 "	"		
Unterbrochen	1050 "	"		Das Zittern verschwindet, die Feder schreibt gradlinig.
Beginnt wieder	1060 "	"		
	1070 "	"		Schwaches Zittern.
	1144 "	"		Starkes Zittern.
Unterbrochen	1145 "	"		
Unterbrochen	1295 "	"		Das Zittern verschwindet, die Feder schreibt gradlinig.
Beginnt wieder	1296 "	"		
	1305 "	"		Deutliches Zittern.
	1480 "	"	2^{mm}	Das vordem deutliche Zittern wird kaum merklich.

Der Muskel, welcher sich zu dieser Zeit in Folge eines auf den Nerven wirkenden Inductionsschlages um 2^{mm} verkürzt, hebt während tetanisirender Reizung des Nerven das Gewicht um 27^{mm}.

Das Ergebniss, welches von der durch die Blutgefässe geleiteten 0·5 procentigen NaCl-Lösung herbeigeführt wird, erfährt keine Aenderung durch die Vergiftung des Frosches mit Curare, und Alles was für einen Gehalt der Lösung von 0·5 Procent gilt, bewährt sich auch bei dem Gebrauch einer 0·7 procentigen.

Von einer Lösung, deren Gehalt an NaCl sich zwischen einem und zwei Procent bewegt, werden, wenn sie durch die Gefässe des überlebenden Froschpraeparates fliesst, die in der folgenden Zusammenstellung verzeichneten Erscheinungen hervorgerufen. Siehe die folgende Seite.

Als die Reizbarkeit des Nerven erloschen war, konnte ein bei 0 R.-A. unmittelbar auf den Muskel abgegebener Einzelreiz noch eine sehr merkliche Zuckung hervorbringen. 30 Minuten nach Beginn der Zuleitung des Salzwassers versagte auch die unmittelbare Muskelreizung, wenn ein Inductionsschlag wirkte, dagegen erwies sich die tetanisirende Reizung noch wirksam.

Der anderseitige Schenkel, welcher nicht durchströmt war, zeigte sich am Ende so reizbar wie im Anfang.

Lösung mit 1·0 Procent Na Cl. Stromdruck zwischen 30 und 60 ^{mm} Hg wechselnd. Reizung erst des Plexus ischiadicus durch einzelne Inductionsschläge, dann unmittelbar die des Muskels.

Stromdruck.	Zeit.	Reizstärke.	Hub.	Muskelcurve.
0	0	15 ^{cm} R.-A.	19 ^{mm}	
30 ^{mm} Hg	0			
	185 Sec.	15 ^{cm} R.-A.	0·5 ^{mm}	
35 ^{mm} Hg	916 „	0 ^{cm} R.-A.	0·0 ^{mm}	Die Muskelcurve beginnt zackig zu werden und aufzusteigen.
	1140 „			Die Curve hat sich 11 ^{mm} über die Abscisse erhoben.
	1297 „			Die Curve senkt sich allmählich und fortschreitend.
60 ^{mm} Hg	1632 „			
	1680 „			Die Curve setzt die absteigende Bewegung fort.

Die Folgen einer 1 procentigen Lösung unterscheiden sich von denen, die durch eine 0·5 procentige erzeugt wurden, dadurch, dass die Wirksamkeit eines elektrischen Reizes vom Nerven aus rascher erlischt, und des Ferneren darin, dass die Erzitterungen des Muskels, welche auch jetzt auftreten, einhergehen mit einer die gesammte Faserung ergreifenden Verkürzung. Die Feder schreibt ihre Rauhigkeiten statt wie vordem um eine wagerechte, jetzt um eine ganz allmählich aufsteigende Linie. Die Formänderung des gesammten Muskels wird man als eine Aeusserung der Contractilität ansprechen dürfen, weil die Verkürzung, nachdem sie Minuten hindurch bestanden hat, einer Ausdehnung Platz macht. Da die Rückbildung der verkürzten in die ursprüngliche Gestalt vor sich geht, während dessen die Gefässe des Muskels noch fortwährend von der salzhaltigen Flüssigkeit durchsetzt werden, so kann die Aenderung der Form nicht auf einer Quellung beruhen.

Wiederum anders als eben beschrieben, verhält sich ein Praeparat, durch dessen Gefässe eine Lösung mit 2 procentigem Na Cl fliesst. Hierfür zeugt der Inhalt der folgenden Tabelle.

Lösung von 2 procentigem Na Cl. Stromdruck 30 ^{mm}. Belastung 12 ^{grm} Reizung des Plexus ischiadicus.

Stromdruck.	Zeit.	Reizstärke.	Hub.	Muskelcurve.
0		15 ^{cm} R.-A.	17 ^{mm}	
30 ^{mm} Hg	0 Sec.	„	—	Vom Beginn der Zuleitung des Salzwassers an steigt die Curve in glatter Linie ganz allmählich und erreicht schliesslich 11 ^{mm} Höhe.
	70 „	„	7·5 ^{mm}	
	100 „	„	1·5 ^{mm}	
	124 „	0 ^{cm} R.-A.	4·0 ^{mm}	
	250 „	„	0·0 ^{mm}	
	440 „	„	—	

Oeffnung und Schliessung des constanten Stromes auf den Plexus angewendet unwirksam. Als der Nerv gegen den Inductionsstrom unerregbar, gab der Muskel nur noch schwache Antwort auf einen Inductionsschlag, etwas stärkere gegen tetanisirende Reizung.

Unmittelbar nach dem Eintritt der Salzlösung in die Gefässe beginnt die Verkürzung des Muskels, welche dann mit der Fortdauer des Fliessens mehr und mehr zunimmt. Und nicht minder rasch büsst der von dem Inductionsstrome betroffene Nerv seine Befähigung ein, den Muskel zu erregen. Wie sich in diesen Erscheinungen eine dem Grade nach verschiedene Wirkung der zwei- von der einprocentigen Lösung ausdrückt, so lässt auf eine der Art nach abweichende die Stetigkeit schliessen, mit welcher sich der von einer zweiprocentigen Lösung berührte Muskel zusammenzieht. Der stärkeren Lösung geht, im Gegensatz zu der schwächeren, die Befähigung zum Erzeugen von fibrillären Zuckungen ab. — Soweit eine Vergleichung zulässig ist führt sie zu einer Uebereinstimmung der meinen mit den Beobachtungen Biedermann's und Ringer's.

Ausser den bis dahin geschilderten bedingt die Leitung der Lösungen, welche 0·5 Procent NaCl und darüber enthalten, noch andere Folgen, welche bei der Reizung des Muskels oder auch seiner zugehörigen Nerven sichtbar werden.

Ein Muskel, der von den genannten Lösungen viele Minuten lang durchflossen war, führt, wenn ihn ein Inductionsschlag reizbar findet, Zuckungen aus, die mit einer sogenannten Contractur behaftet sind. Die Contractur ist entweder die einfache, wie sie von Kronecker und Tiegel beschrieben wurde, oder es gleicht die Curve der Zuckung der eines dicrotischen Pulses, indem die auf die erste Erhebung folgende Senkung von einem neuen Ansteigen unterbrochen wird.

Von der geringen Geschwindigkeit, mit welcher der absteigende Schenkel der Zuckungscurve der Grundlinie zustrebt, erhält man selbstverständlich nur Nachricht, so lange ein einzelner Inductionsstrom den Muskel in Bewegung setzt. An dieser Eigenschaft besass, wie oben bemerkt wurde, der Muskel keinen Theil mehr, welcher von seinen Gefässen aus mit zweiprocentiger NaCl-Lösung benetzt gewesen war; wohl aber gerieth er durch rasch wiederholte Reize in Tetanus. Niedere und kurz dauernde Tetani lassen nun an einem solchen Muskel hohe und ungemein anhaltende Contracturen zurück.

Die Muskelcurven 5a und 5b sind bei einer geringen Umdrehungsgeschwindigkeit der bewussten Trommel — 2^{mm} in der Secunde — gezeichnet, weshalb sich die einzelnen Phasen der Contraction allzu gedrängt darstellen. Die

Versuche sind darum der Wiederholung bedürftig, und zwar aus dem einen Grunde nicht allein. Es wurden nämlich die Beobachtungen, auf welche sich das Vorstehende bezieht, im Februar und Anfang März angestellt. Zu dieser Zeit sind aber nach den Erfahrungen von Tiegel alle

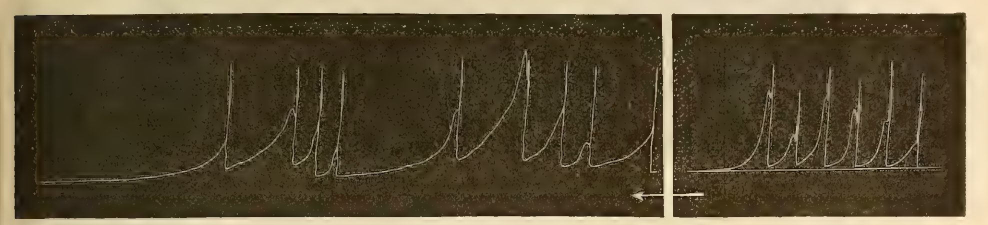


Fig. 5 a.



Fig. 5 b.

Frösche, die den Winter über in Gefangenschaft lebten, zu Zuckungen mit folgender Contractur geneigt. Ob jedoch die Jahreszeit allein für die an den Salzmuskeln so regelmässig beobachtete Contractur verantwortlich sei, bezweifle ich deshalb, weil bei wiederholten Prüfungen des Muskels, vor und nach der Durchleitung der Na Cl-Lösung, die erste der beiden Reizungen Zuckungen ohne nachfolgende Contractur auslöste.

Eine andere, und zwar ganz sicher auf die Durchströmung zurückführbare Eigenthümlichkeit wurde während des Gebrauchs der einprocentigen Na Cl-Lösung bemerkt. Eine Lösung von dieser Dichtigkeit bedingt eine sehr allmählich fortschreitende Verkürzung des Muskels. Wurde nur wenige Minuten nach dem Beginn dieser allmählichen Verkürzung, als der Muskel für einen ihn treffenden Inductionsschlag noch sehr reizbar war, von einem solchen durchsetzt, so hielt der absteigende Schenkel der Zuckungscurve mit seinem Absinken nicht inne, wenn er auf die Höhe gelangte, von welcher der aufsteigende Schenkel ausgegangen war, sondern er setzte den nach der Verlängerung des Muskels gerichteten Weg noch weiter fort. Von dem tiefsten Punkte aus ging dann die Curve allmählich auf die Höhe zurück, welche jeweilig von der die Na Cl-Lösung bedingten Verkürzung verlangt wurde. (S. Fig. 6 folgende Seite).

Die Figur zeigt, dass die Grube hinter der Zuckung um so tiefer wird, je höher die voraufgehende Zuckung, je grösser also die noch vorhandene Reizbarkeit war.

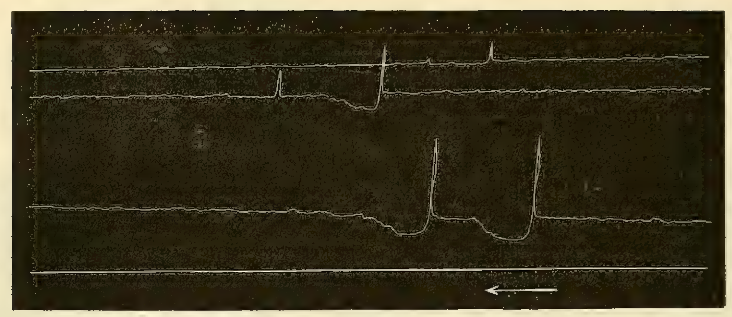


Fig. 6.

Eine wunderliche Erscheinung ereignete sich wiederholt an dem durch die Leitung einer zweiprocentigen Na Cl-Lösung um seine Reizbarkeit gebrachten Praeparate, wenn sein Plexus ischiadicus mit rasch auf einander folgenden Inductionsströmen behandelt wurde. Während eines jeden tetanisirenden Angriffs verliess die Feder des Schreibhebels ihre wagerechte Bahn und senkte sich unter dieselbe. Die Reizung hatte somit statt der Verkürzung eine Verlängerung des Muskels erzeugt, allerdings eine recht geringe, denn die Feder, welche die Längenveränderung des Muskels mehrfach vergrössert wiedergab, war höchstens um 1 ^{mm} unter die wagerechte gesunken, so dass der Muskel selbst nur um Bruchtheile eines solchen verkürzt war. Mir scheint, dass die quantitative Geringfügigkeit der Erscheinung ihrer qualitativen Bedeutung keinen Abbruch thut.

Aus der Vergleichung der verzeichneten Thatsachen geht hervor, dass die Wirkungen der Na Cl-Lösungen wesentlich von einander verschieden sind, je nach dem Sinne, in welchem das Verhältniss zwischen Wasser und Salz von dem abweicht, welches der natürlichen den lebendigen Muskel durchtränkenden Flüssigkeit eignet.

Dass eine jede Na Cl-Lösung, welche anhaltend durch die Gefässe rieselt, die Zusammensetzung des Muskels ändert, begreift sich ohne Weiteres, und ebenso, dass gewisse Aenderungen derselben von allen Dichtigkeitsgraden der Lösung, die zwischen 2·0 und 0·1 Procent liegen, gemeinsam hervorgebracht werden. Andererseits unterliegt es keinem Zweifel, dass die Lösung, welche weniger salzreich ist als der natürliche Muskelsaft, nicht durchweg zu den gleichen Folgen führen kann wie die, deren Salzgehalt darüber hinausgeht.

Die innere Umformung, welche die Nerven und Muskel erfahren in Folge der Durchspülung ihrer Gefässe mit verschieden dichten Na Cl-Lösungen beschränken sich wahrscheinlich nicht auf die Herstellung von Säften mit einem grösseren oder geringeren Gehalt an Wasser oder Salz.

Ohne der Wahrheit zu nahe zu treten, werden wir in der die Nerven und Muskeln durchtränkenden Flüssigkeit noch anderweite Störungen voraussetzen dürfen, auf deren Eintritt selbst dann zu rechnen wäre, wenn zwischen der Innen- und Aussenflüssigkeit nichts weiter als ein endosmotischer Austausch der Bestandtheile stattfände. Worin die Störungen bestehen und weshalb sie unter Umständen als Reize wirken bleibt freilich unbekannt und fraglich ob wir über sie durch unsere gegenwärtig verfügbaren Hilfsmittel Aufschluss erhalten können.

Unter der Voraussetzung, dass das Praeparat von einer 0·4 bis 0·2 procentigen Na Cl-Lösung durchströmt wird, können die inneren Veränderungen der irritabeln Gewebe nur wenig eingreifende sein, hierfür spricht ausser der physikalischen Beschaffenheit derselben der bedeutende Rest von Reizbarkeit, den sie sich den Angriffen des Druckes und des Inductionsstromes gegenüber bewahrt haben. Den Thatsachen gemäss lassen sich die mindergrädigen Na Cl-Lösungen als ein Reizmittel besonderer Art auffassen. Mit der Schwankung des elektrischen Stromes und dem Druck kann jedoch die verdünnte Salzlösung deshalb nicht in eine Reihe gestellt werden, weil sie nicht, wie diese, den bisher nur von Blut bespülten Muskel erregt, vielmehr diese Fähigkeit erst dann erlangt, wenn sie während einer grösseren Zahl von Secunden durch die Gefässe geflossen ist, und weil sie im Gegensatz zu den anderen Reizmitteln ihr Vermögen unter weiter fortgesetztem Zuströmen auch wieder einbüsst. — Nicht minder eigenthümlich sind die erregenden Wirkungen der Lösung, wenn sie zur Geltung kommen. Trotzdem dass die Lösung stets anwesend bleibt innerhalb solcher Muskeln die jeder Zeit zur Verkürzung geschickt sind, erfolgen ihre Anregungen nur stossweise. Der thatsächlichen Zergliederung vorgreifend liessen sich mancherlei Annahmen aufstellen um mit ihrer Hilfe das durch Ruhezeiten unterbrochene Auftreten der tetanischen Verkürzung verständlich zu machen. Doch da keine derselben zu beweisen oder zu widerlegen ist, so dürften sie mit Stillschweigen übergangen werden.

Von den Wirkungen der weniger dichten unterscheiden sich die der ein- und zweiprocentigen Na Cl-Lösungen insofern wesentlich, als sie die Trägheit der Bewegung von Nerv und Muskel steigern. Um den Nerven in einen höheren Grad von Erregung zu versetzen bedarf es nicht bloss eines auch noch so kräftigen Inductionsstromes, sondern einer raschen und mehrfachen Wiederholung desselben. Und die Zuckung eines Muskels, der unmittelbar vom Reize getroffen wurde, nimmt statt des raschen Verlaufes eines weniger stark salzhaltigen den langsamen, unter der Ausmündung in eine sogenannte Contractur. — Wenn aber die dichtere Na Cl-Lösung selbst als Reiz wirkt, so erzeugt sie im Gegensatz zu der verdünnten eine nahezu stetige an Umfang allmählich wachsende Verkürzung.

Einige Versuche an überlebenden Muskeln des Hundes und Kaninchens, denen die vorausgeschickte Durchleitung kühlen Blutes eine dauerhafte Reizbarkeit verliehen hatte, bestätigten grundsätzlich das am Frosche erzielte. Autogramme der Säugethiermuskeln kann ich nicht vorlegen; die sichtbaren Umlagerungen der Schenkel genügen indess, um uns vom Tetanus oder der Ruhe der Muskeln zu überzeugen.

Rücksichtlich des Dichtigkeitsgrades, der die Tetani auslöst, unterscheiden sich die Säugethiermuskeln von den Froschmuskeln. Beim Säugethier ist schon eine 0·5 procentige Na Cl-Lösung rasch und kräftig wirksam, erst wenn die Concentration auf 0·70 — 0·75 Procent Na Cl — die sogenannte physiologische Lösung — gestiegen ist, bleiben die Muskeln bei der Durchspülung in Ruhe. — Der Erwähnung dürfte es jedoch werth sein, dass an den Schenkeln eines sehr jungen Hundes auch die 0·5 procentige Na Cl-Lösung keinen Tetanus hervorbrachte.

Nachdem die Nerven und Muskeln des Schenkels ihr Verhalten dargelegt hatten, das ihnen gegen Na Cl-Lösungen von verschiedener Dichtigkeit eigen ist, erhob sich die Frage, ob auch das Herz von Lösungen, die unter 0·5 Procent Na Cl enthalten, der Art nach anders betroffen werde als von den mehrhaltigen. Zur Prüfung dürfte, wie mir schien, anstatt des verstümmelten allein das unversehrte Herz dienen. Nach Unterbindung der kleinen Vorhofsvene, der beiden Jugularen und einer Aorta wurde die zweite Aorta mit dem Hg-Manometer, die Vena cava inferior dagegen mit den Glasgefässen verbunden, welche die zur Speisung der Herzhöhlen dienenden Flüssigkeiten enthielten. Im Uebrigen werden alle Einrichtungen und Vorsichtsmaassregeln benutzt und beachtet, welche als nützlich und nothwendig von H. Kronecker und Anderen verlangt und beschrieben worden sind. — Zur Durchleitung dienten Mischungen aus 1 Theil Kaninchenblutes mit 3 Theilen 0·5 procentiger Na Cl-Lösung, ferner Na Cl-Lösungen von 0·7, 0·3 und 0·2 Procent, nachdem ich, wie vorauszusehen, gefunden, dass zu und von der Beschreibung nichts ab- und zuzuthun ist, welche H. Kronecker von der Wirkung der 0·5 procentigen Na Cl-Lösung gegeben hat.

Uebereinstimmend ergab sich aus allen Versuchen, dass die Lösungen verschiedener Dichtigkeit der Art nach Gleiches erzielen; stets verlaufen die Erscheinungen nach dem Vorbild derjenigen, die uns von der Anwendung einer 0·5 procentigen her bekannt sind. Die unter 0·5 Procent Na Cl haltigen erzeugen vor dem Erlöschen der Reizbarkeit keine Schaaren kräftiger, mit dauernder Zusammenziehung behafteter, bald rasch, bald langsam sich folgender Systolen, und während der Anwesenheit einer 0·7 procentigen Lösung geräth das Anfangs noch kräftige Herz nicht in eine dauernde von

kleinen Erzitterungen begleitete Contraction. Statt dessen sieht man, dass das mit Na Cl-Lösungen erfüllte Herz schwächer und schwächer schlägt, weiterhin die Gleichzeitigkeit der Bewegung aller seiner Fasern einbüsst und endlich im diastolischen Zustande still steht, aus dem es auch durch den kräftigsten elektrischen Reiz nicht geweckt werden kann.

Indess die der Art nach gleiche schliesst eine dem Grade nach verschiedene Wirkung nicht aus, die sich denn auch in einem auffälligeren Maasse zeigt. Wenn auf das Blut die 0·7 procentige Na Cl-Lösung folgt, so erhält sich der Schlag um ein Beträchtliches länger, als wenn eine 0·3 procentige Lösung eingefüllt war, und das Absinken der Pulshöhen erfolgt im ersteren Falle weit allmählicher. Wird, nachdem die Kammer zum Stillstand und zu dem Verlust ihrer Reizbarkeit durch 0·7 procentige Na Cl-Lösung gebracht war, Blut zugeführt, so erholt sich dieselbe rasch und vollkommen; war dagegen der Scheintod durch 0·3 procentige Na Cl-Lösung bedingt, so bedurfte es längerer Zeit bis das Herz kräftiger arbeitete, aber wie lange man auch die Blutmischung zuführt, niemals gelangt der Schlag zur früheren Stärke. Erst dann kehrt dieselbe zurück, wenn an die Stelle des Blutes 0·7 grädige Na Cl-Lösung und nach dessen Entfernung abermals Blutmischung getreten ist. An demselben Herzen lässt sich, wie der folgende Auszug aus meinen Aufzeichnungen darthut, die verschiedene Wirkungsweise der ungleich concentrirten Na Cl-Lösungen erproben.

Wechselnd durch das Froschherz geleitet: Kaninchenblut 1 Theil gemengt mit 3 Theilen 0·5 procentiger Na Cl-Lösung, ausserdem 0·7 und 0·3 procentige Na Cl-Lösung.

Hub Mm. Hg.	Puls in 1 Min.	Zeit in Min. und Sec.	Flüssigkeit.
32 bis 34	22	—	Blut.
—	—	0 bis 1′ 45″	Das Blut durch 0·7 procentige Na Cl-Lösung ausgetrieben.
18	25·5	bis 4′ 30″	0·7 procentiges Na Cl.
—	—	bis 5′ 0″	Frische 0·7 proc. Na Cl-Lösung eingefüllt.
von 14 bis 5	22	bis 25′ 0″	0·7 procentiges Na Cl.
—	—	bis 25′ 30″	Frische 0·7 proc. Na Cl-Lösung eingefüllt.
4	21	26′ 0″ bis 31′ 0″	0·7 procentiges Na Cl.
0·9	20	bis 46′ 30″	0·7 procentiges Na Cl.
—	—	47′ 0″	Frische 0·7 proc. Na Cl-Lösung eingefüllt.
0	0	47′ 50′	0·7 procentige Na Cl-Lösung.
—	—	48′ 0″	Blut vertreibt die Na Cl-Lösung.
17 bis 21	unregelmässig	48′ 30″	Blut.
34 bis 36	11·5	51′ 45″	Blut.
—	—	52′ 0″	Frisches Blut eingefüllt.
30	22	54′ 0″	Blut.
—	—	54′ 5″	Blut vertrieben durch 0·3 procentige NaCl-Löusng.
0	0	58′ 0″	0·3 procentiges Na Cl.

(Fortsetzung der vorstehenden Tabelle.)

Hub Mm. Hg.	Puls in 1 Min.	Zeit in Min. und Sec.	Flüssigkeit.
—	—	58′ 30″	Die 0·3 procentige Na Cl-Lösuug ausgetauscht gegen Blut.
12	21	61′ 0″	Blut.
—	—	61′ 30″	Frisches Blut eingefüllt.
22	24	77′ 30″	Blut.
—	—	78′ 0″	Das Blut verdrängt durch 0·7 procentige Na Cl-Lösung.
von 4 bis 1	von 20 bis 10	bis 100′ 0″	0·7 procentiges Na Cl.
—	—	101′ 20″	Die 0·7 procentige Na Cl-Lösung, verdrängt durch Blut.
32	17	106′ 0″	Blut.

Lassen sich diese Thatsachen mit der Annahme vereinigen, dass sich die Na Cl-Lösungen darauf beschränken, das Gefüge des Herzens im brauchbaren Zustande zu erhalten, so dass mit der Rückkehr der zersetzbaren Einlagerungen sogleich auch die Arbeit wieder beginnen könne?

Litteratur.

W. Biedermann, Ueber die Abhängigkeit des Muskelstromes von localen chemischen Veränderungen der Muskelsubstanz. *Wiener Sitzungsberichte.* 1880. Bd. LXXXI. — Ueber rhythmische, durch chemische Reizung bedingte Contraction quergestreifter Muskeln. *Ebenda.* 1880. Bd. LXXXII. — Ueber Hemmungserscheinungen bei elektrischer Reizung quergetreifter Muskeln u. s. w. *Ebenda.* 1885. Bd. XCII.

L. Brunton and Cash, Contribution to our knowledge of the connexion between chemical composition etc. *Philosophical Transactions of the Royal society.* 1884.

A. Fick und R. Böhm, *Untersuchungen aus dem physiologischen Laboratorium der Würzburger Hochschule.* 1873.

H. Kronecker, Das charakteristische Merkmal der Herzmuskelbewegung. *Beiträge als Festgabe für C. Ludwig.* 1874.

W. Kühne, *Myologische Untersuchungen.* 1860.

Derselbe, Ueber das Verhalten des Muskels zum Nerven. *Untersuchungen aus dem physiologischen Institut zu Heidelberg.* 1879.

O. Nasse, Beiträge zur Physiologie der contractilen Substanz. Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1869. Bd. II.

J. Ringer, Further experiments regarding the influence of small quantities of Lime, Potassium and other salts etc. *Journal of Physiology.* 1886.

Derselbe, Experiment regarding the action etc. *Journal of Physiology* 1887.

J. Ringer und D. Baxton, Concerning the action of small quantities etc. *Journal of Physiology.* Vol. VI.

Tiegel, Ueber Muskelcontractur. Aus dem physiologischen Institut zu Strassburg. Pflüger's *Archiv* u. s. w. Vol. XXIII.

v. Wittich, Ueber eigenthümliche Muskelcontractionen, welche Durchströmen des Wassers hervorruft. Virchow's *Archiv* u. s. w. Bd. XIII.

Ueber den Einfluss des Vagus auf die Arbeit der linken Herzkammer.

Von

Dr. J. P. Pawlow.

(Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.)

In einer früheren Untersuchung, deren Ergebnisse theils russisch, theils deutsch[1] veröffentlicht wurden, hatte ich gefunden, dass sich der Druck in der Arteria carotis unabhängig von der Schlagfolge des Herzens erhöhen liess durch Reizung gewisser zu den Ventrikeln gehender Zweige des Brustvagus. Obwohl die Bedingungen des Versuches schon damals der Art gewählt waren, dass das Anwachsen des Druckes nur auf ein vermehrtes Zuströmen des Blutes vom Herzen aus, also auf eine gesteigerte Thätigkeit des letzteren zu beziehen war, so fehlte doch zum vollen Beweise noch die Messung der mit je einer Systole ausgeworfenen Blutmenge. Durch die Aortenaiche, welche mir Hr. Prof. C. Ludwig in verbesserter Gestalt zur Verfügung stellte, liess sich, wie aus der folgenden Mittheilung ersichtlich, der Mangel ergänzen.

Von dem Apparate, mit welchem Stolnikow die Stärke des Aortenstromes geaicht hatte, unterschied sich der neue nach zwei Richtungen hin; die Umschaltung der Stromrichtung von den Blut- zu den Aichgefässen, die früher der Hand überlassen war, wurde einem automatisch wirkenden Hebel anvertraut und nächstdem war der Strom, der von dem linken Herzen her zu den Aichröhren ging, in unmittelbare Verbindung gesetzt mit dem, welcher von dort zum rechten Herzen zurückfloss, so dass der Apparat stets ebensoviel Blut hergab, als er empfangen hatte.

[1] *Centralblatt der medicinischen Wissenschaften.* 1883 und 1885.

Damit die Menge des abfliessenden Blutes gleich der des zufliessenden werden musste, waren die Aichgefässe an ihren oberen Enden luftdicht verschlossen, und beide durch ein engeres Rohr mit einander verbunden, so dass nun dieser Theil des Apparates der älteren Stromuhr ähnlich wurde. —

Einen grösseren Aufwand von Mitteln erforderte die Selbstwendung der Stromrichtung, weil sie jedesmal nur dann erfolgen durfte, wenn sich das eine der beiden Aichgefässe gefüllt und demgemäss das andere entleert hatte. Der veränderlichen Zeit wegen, nach deren Verfluss die Wendung des Blutstromes stattfinden sollte, mussten, insofern man sie auf elektromagnetischem Wege ausführen wollte, zwei galvanische Stromkreise aufgestellt werden. Die Verdeutlichung des Verfahrens wird deshalb nur mit Hilfe einer schematischen Zeichnung gelingen. (Fig. 1.)

A und *B* sind die Aichgefässe, von jedem derselben gehen zwei Röhren aus, *a* und *a'* von *A*, *b* und *b'* von *B*. Nachdem sich die Röhren gekreuzt, münden *a* und *b* in eine mit *Lv*, *a'* und *b'* in die mit *Rv* bezeichnete Canüle. Auf ihrem Wege sind die Röhren *aa'*, *bb'* theils aus Glas, theils aus Kautschuk hergestellt, da wo letzteres eingeschaltet, *a'* neben *b* und *b'* neben *a* gelegen ist, laufen beiderseits je zwei der Röhren übereinander vor einer unverrücklich feststehenden eisernen Platte *pp* vorbei. Der eisernen Platte gegenüber liegt ein eiserner Doppelkeil der Art, dass die Röhren zwischen den beiden Eisenstücken der Platte und einem Keilende hindurchlaufen. An diesem Orte können je nach der Stellung, welche dem Doppelkeil gegeben wird, zwei auf derselben Seite liegende Kautschukröhren verschlossen werden, indess die beiden auf der entgegengesetzten Seite befindlichen offen bleiben. Um den Verschluss bald rechts, bald links hin zu bewirken, und ihn an jedem Orte so lange festzuhalten, bis sich das Aichgefäss *A* von dem linken Ventrikel aus gefüllt, das Aichgefäss *B* dagegen nach der Vene hin entleert hatte, mussten zwei von einander getrennte electrische Batterien aufgestellt werden.

Die erste derselben *I*, welche den Doppelkeil *k* regieren und mit ihm die Kautschukröhren verschliessen soll, kann ihren Strom durch zwei Leitungen *I*, *II*, *III*, *IV*, *V* oder *I*, *II'*, *III'*, *IV'*, *V'* ergiessen, doch niemals gleichzeitig durch beide, denn jeder der Zweige ist an einem Orte *IV* und *IV'* zu unterbrechen und die beiden Bruchstellen stehen an den Enden eines doppelarmigen Hebels *V* und *V'*, so dass die Verbindung in der einen Bahn unterbrochen sein muss, wenn die an der anderen hergestellt ist. Das Spiel der geschilderten Einrichtung ist durchsichtig. Gesetzt, die Leitung *II*, *III*, *IV*, *V* sei wegsam, so wird der jenseits *III* eingeschaltete Magnet wirkungsvoll, er zieht den Stiel des Doppelkeils an sich; weil sich

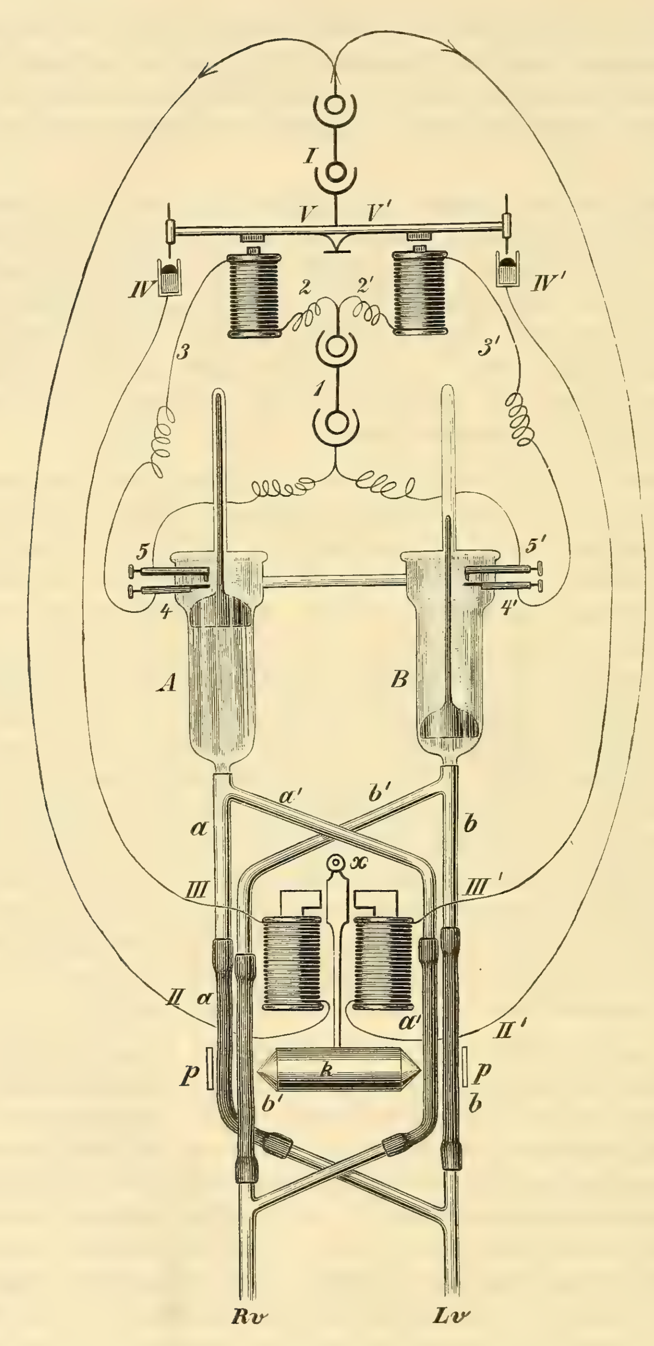


Fig. 1.

aber der Stiel um die Axe *x* dreht, so wird der Doppelkeil selbst die Kautschukröhren *a' b* verschliessen, *a b'* dagegen unbehelligt lassen.

In der Lage, die ihm einer der Zweige des Sperrkreises ertheilt, soll der Doppelkeil so lange verharren, bis sich das bis zu einer gewissen Höhe mit Blut erfüllte Aichgefäss *B* durch die Vene entleert, das vordem leere Aichgefäss *A* von der Aorta her gespeist ist, dann aber soll sich der Keil augenblicklich umlegen, so dass das Gefäss, welches soeben noch mit der Arterie in Verbindung stand, in die Vene mündet und das Umgekehrte mit dem anderen Gefässe geschieht.

Dass dieses zur bestimmten Zeit eintrete, dafür sorgt der in der Batterie 1 entspringende Strom, welchem ebenfalls zwei Wege zur Verfügung stehen. 2, 3, 4, 5 und 2', 3', 4', 5'. Auch in diesem zweiten Kreise, der die Umschaltung des ersten bewirkt, hat jeder Zweig eine Lücke, welche beide niemals zugleich überbrückt werden, stets ist die eine Verbindung unterbrochen, wenn die andere hergestellt ist, zudem dauert der Schluss nur kurze Zeit. Er wird durch den Schwimmer hervorgebracht, welcher vom Blute gehoben wird, das aus dem linken Ventrikel herströmt. Wenn beispielsweise der im Aichgefäss *A* emporgehobene Schwimmer das Plättchen an der Klemme 4 zu dem Stift bei 5 angedrückt hat, wird der Strom in dem Zweige 2 bis 5 kreisen und den von ihm umzogenen Eisenkern zum Magneten umformen. Sogleich wird der Magnet den Hebelarm *V* herabziehen, wodurch im Sperrkreis *a b'* der Zweig geschlossen wird, welcher den Doppelkeil nach der Seite des arteriellen Zuflusses zu *A* hin bewegt. Mit dem Verschluss des Zuflusses öffnet sich das Abflussrohr, der Schwimmer folgt der sinkenden Flüssigkeit und die soeben noch leitungsfähige Bahn wird wieder unwegsam.

Ein Gleiches darf nicht im Stromzweige *I, II, V* stattfinden; er muss, wie schon gesagt, bis zur Entleerung von *A*, beziehentlich zur Füllung von *B* leitungsfähig bleiben, eine Bedingung, die sich erfüllt, wenn die Unterstützung des Hebels *V V'* über dem Schwerpunkt liegt; in der Lage, die ihm gegeben war, verharrt er so lange, bis er durch den anderseitigen Magneten in eine neue gebracht wird.

Weil die Kautschukröhren, die das Blut den Aichgefässen zubringen und entnehmen, wechselweise zu öffnen und zu verschliessen sind, so muss sich der Doppelkeil *K* ausgiebig bewegen, zugleich aber hat er einen kräftigen Druck zu üben, wenn er die durch ihren Inhalt ausgespannten Wandungen aneinander pressen soll. Hierzu sind die neben *III* und *III'* angebrachten Elektromagneten befähigt, weil sie nicht unmittelbar den Doppelkeil, sondern je einen Anker anziehen, der ihren Polen sehr nahe liegt. Anker und Doppelkeil bilden die Enden eines Hebels, dessen ungleich lange Arme sich um die Achse *x* drehen. Den gegebenen Maassen

entsprechend wird der von dem Anker durchmessene Weg fünf Mal vergrössert vom Doppelkeil durchsetzt.

Zahlenmässige Bestimmung der Stromstärke. — Mit dem Wegfall der federtragenden Schwimmer, welche in dem früheren Apparate das Steigen und Sinken der Blutsäule auf das vorüberziehende Papier einzeichneten, musste auf eine anderweite Notirung der Stromstärke Bedacht genommen werden. Zu einer solchen eignete sich die Ermittelung der Blutmenge, welche die Arterie zur Füllung eines der beiden Aichgefässe zu liefern hatte und die Kenntniss der hierzu nöthigen Zeit.

Erfordernisse zur Bestimmung des in den Apparat eingetretenen arteriellen Blutes sind folgende: Die beiden Aichgefässe müssen möglichst einander gleich, calibrirt und auf ihrer Aussenfläche mit je einer Millimetertheilung versehen sein. Damit der Versuch ohne Störung beginnen kann, muss das mit der Vene verbundene Aichgefäss mindestens soviel defibrinirtes Blut enthalten als nothwendig, um von der Arterie aus das zweite Gefäss bis oben hin zu füllen, denn es muss, dem Bau des Apparates entsprechend, aus ihm stets gerade soviel abfliessen als ihm zufloss.

Die untere Grenze der Blutmenge, welche dem Apparat vor dem Beginn des Versuches zugebracht sein muss, liegt also bei der Hälfte seines gesammten Inhaltes. Indess kann die vorläufige Füllung über diesen geringsten Werth hinausgehen, woraus der Vortheil erwächst, dass das zur Anfüllung des Gefässes nöthige arterielle Blutvolum weniger als der halbe Inhalt des messenden Apparates betragen darf. Immer aber muss der Antheil des Gesammtraumes beider Aichgefässe bekannt sein, welcher vor dem Beginn des Versuches mit Luft erfüllt war, da seinem Umfang das aus dem Herzen kommende, von dem Apparate zu fassende Blutvolum entspricht.

Die zur Füllung des verfügbaren Raumes nöthige Zeit wird am sichersten graphisch bestimmt. So oft eins der Aichgefässe vollkommen gefüllt ist, wird der Hebel $V V'$ bewegt, durch ihn lässt sich also auf dem vorübergeführten Papierstreifen eine Marke einzeichnen.

Sowie die zur Füllung des verfügbaren Raumes nöthigen Blutmengen und Zeiten bekannt sind und ausserdem, was leicht geschehen kann, die in jener Zeit gefallene Zahl der Herzschläge, so lässt sich in Mittelwerthen die von einer Systole oder die in einer Secunde gelieferte Blutmenge angeben. Da man aber der automatisch bewirkten Umschaltung wegen die Füllungszeit bis auf wenige Secunden hin ohne Beeinträchtigung der Genauigkeit herabdrücken kann, so wird in der Regel durch die Ziehung des Mittels eine mit der Zeit veränderliche Stromstärke nicht verdeckt werden.

Empfehlenswerth sind öftere Prüfungen des Apparates auf seinen luftdichten Zustand und auf die Leistungsfähigkeit des Doppelkeils. Dass die

erstere gewahrt sei, ist aus der Unveränderlichkeit des Luftvolums im Apparat vor dem Beginn und nach dem Ende eines Versuches zu erkennen.

Ob der Keil den Verschluss der Kautschukröhren sicher besorgt, lässt sich ersehen, wenn man vor die Arteriencanüle einen unveränderlichen Wasserdruck anbringt, die Venencanüle in ein Gefäss mit constantem Wasserspiegel eintaucht und ausserdem noch ein empfindliches Manometer unmittelbar vor die Arteriencanüle setzt. Dem stets gleichen Druckunterschied des Wassers gemäss müssen die Zeitmarken, welche von dem Apparate beim Spiel der Elektromagnete aufgezeichnet werden, gleich lang sein, ohnedies würde sich entweder einerseits das Kautschukrohr nicht genügend öffnen und das Abfliessen hindern — oder der Keil würde auf einer Seite fester als auf der anderen schliessen, sodass ein Theil des eintretenden Wassers, ohne in das Aichgefäss überzugehen, nach der Vene hin abflösse. Entscheidend für die beiden Möglichkeiten sind die Angaben des Manometers. In dem letzteren Falle bleibt sein Stand unverändert, ob das erste oder zweite Gefäss mit der Arterie verbunden ist; wenn dagegen aus einem der beiden Gefässe der Abfluss in die Venencanüle gehemmt wäre, so würde der Druck im Manometer wachsen.

Vorbereitung des Thieres. Als Betäubungsmittel wurde Morphium, Curare, und insofern die pulsverzögernde Wirkung des N. vagus vermieden werden musste, zugleich Atropin benutzt. Je nach der damit verbundenen Absicht war der Versuch bei offener oder geschlossener Brusthöhle auszuführen. Im letzteren Falle verlief die Vorbereitung genau nach der Vorschrift Stolnikow's. So oft aber die Wirkungen der einzelnen, zum Herzen hinziehenden Nervenzweige festzustellen waren, musste künstliche Athmung eingeleitet und zur Eröffnung der Brusthöhle geschritten werden.

Unter dieser Voraussetzung liess sich die dauernde Unterbindung auf die beiden Carotiden und auf die Aeste der A. subclavia dext. beschränken, weil sich oberhalb des Ursprunges der A. subclavia sinist. eine Schlinge um die Aorta legen lässt, die auf einem Ligaturstab festzuzuschnüren ist.

Ausgeschlossen wurden in allen Versuchen die directen und reflectorischen Nebenwirkungen des N. vagus. Stets waren die Stämme des Nerven am Halse und oberhalb des Zwerchfelles durchschnitten und die Elektroden am peripheren Halsstumpf angelegt. Wenn die Reizung der Lungenäste vermieden werden sollte, so wurde der Nerv oberhalb ihrer Abzweigung durchtrennt. Sollte die Leistungsfähigkeit einzelner Herzzweige geprüft werden, so wurde verschiedenartig verfahren. Entweder es wurden sämmtliche zum Herzen verlaufende Aeste isolirt, an ihrem Abgangsort durch-

schnitten und mit Marken versehen, sodass nach dem Tode des Thieres durch eine vorgenommene Zergliederung ihr anatomisches Verhalten aufgeklärt werden konnte; am abgeschnittenen Ende wurde die Reizung vorgenommen. Andere Male wurden statt aller nur einzelne Herzäste durchschnitten, und dann der N. vagus am Halse elektrisirt; beide Arten des Versuches ergänzen sich gegenseitig. — Wurden die Schleifenschenkel der Ansa zwischen die Elektroden gefasst, so war vorher ihr dem Grenzstrang zugewendetes Ende durchschnitten. Die grössere Zahl der Reizungen ist an der rechten Seite ausgeführt worden.

Auswahl der Herzäste für die Reizung. In der Reihenfolge ihres Ursprunges aus dem Vago-sympathicus zeigen die nach ihrer Wirkung gleichartigen Herzäste von Thier zu Thier mannigfache Verschiedenheiten. Desswegen sind bei der vorläufigen Auswahl voraussichtlich übereinstimmend wirkender Aeste Willkürlichkeiten nicht zu umgehen, trotzdem gelingt es meist bei verschiedenen Individuen das Gleichartige herauszufinden. Namentlich lassen sich als eigenthümlich functionirend folgende Aeste bezeichnen.

Das Nachstehende gilt für den rechten Vago-sympathicus.

1. Der grosse vordere Kammernerv — nach der Bezeichnung von Wooldridge[1] — entspringt nie über dem R. recurrens; entweder geht er mit dem R. recurrens gleichzeitig aus dem Stamm hervor, oder etwas unterhalb desselben, und wenn das letztere geschieht, so empfängt er oft einen Zuwachs aus dem Bogen des R. recurrens. Da er von den mehrfachen Faserbündeln, welche nahe unterhalb des N. recurrens aus dem Nervenstamm hervorkommen und nach der Mittellinie hin verlaufen, der stärkste zu sein pflegt, so nenne ich ihn den inneren starken Ast, eine Bezeichnung, die ich wähle, um den Anschein zu meiden, als hätte ich jedes Mal den gereizten Nerven bis zu den Wurzeln der grossen Arterien hin praeparirt.

2. und 3. Innere untere Nerven nenne ich zwei feinere Fäden, welche unterhalb des ebengenannten Astes entsprungen und auf selbstständiger Bahn in die Vorhöfe eindringen.

4. Aeussere Aeste, welche aus der von der Mittellinie abgewendeten Seite des Nervenstammes hervorgehen und durch ihren Ursprung, wie durch ihre Verbindungen auf ihre Zugehörigkeit zu dem N. sympathicus schliessen lassen.

Aufghobene Gerinnbarkeit des Blutes. Dass der Versuch von der Gerinnung des Blutes keine Störung erfährt, hat schon Stolnikow hervorgehoben. Die Ursache hiervon darf jedoch nicht ausschliesslich in

[1] *Dies Archiv.* 1883. S. 523.

der kurzen Aufenthaltsdauer des Blutes ausserhalb der lebendigen Gefässe gesucht werden, weil, wenn auch die grösste Masse der Flüssigkeit schon wenige Secunden nach ihrem Uebergang in das arterielle Aichrohr zur Vene zurückkehrt, doch immer kleine Reste derselben an dem Schwimmer und dem Metallcontact zurückbleiben. Würde sich in diesen kleineren Mengen die Gerinnung vollziehen, so müsste die Beweglichkeit des Schwimmers und die Reinheit des Contactes aufgehoben, damit aber der glatte Ablauf des Versuches getrübt werden. Hiervon ist auch während Stunden andauernder Beobachtung nichts zu bemerken. Stets tritt dagegen die Gerinnung zuweilen sogar recht rasch ein, wenn der Apparat in verkleinertem Maassstabe innerhalb der Arteria carotis und Vena jugularis spielt, entgegen der Annahme, dass sich das Blut wegen seiner kurzdauernden Abwesenheit aus den Gefässen flüssig erhalte.

Sonach bleibt nur die Annahme übrig, dass das Blut, welches mit Umgehung anderer Gewebe durch das Herz und die Lunge fliesst, seine Gerinnbarkeit verliere. Zu ihrer Bestätigung dient, dass das Blut, welches nach einem länger dauernden Versuche aus dem Apparat oder dem Herzen in ein Glasgefäss aufgefangen wurde, auch nach Tage langer Aufbewahrung bis zur beginnenden Fäulniss hin keine Spur eines Gerinnsels ausscheidet. Wie lange das Blut, bis es auf diese Stufe gelangt ist, durch den Rest der natürlichen Strombahn geflossen sein muss, ist mir unbekannt; doch weiss ich, was von vornherein wahrscheinlich war, dass die Fähigkeit ungerinnbar zu werden, sich allmählich ausbildet. So traten in dem Blute, nachdem der Versuch 15 Minuten hindurch gedauert hatte, zwar noch Gerinnsel auf, aber spät. Erst 3 bis 4 Stunden nach der Entfernung desselben aus dem Thiere begann die Coagulation.

Unzweifelhaft hat das Gebiet des Herzmuskels die Veränderung des Blutes nicht zu verantworten, denn warum sollte sich in ihm das kreisende Blut anders als in den übrigen Muskeln verhalten; und da das Blut ausser dem Herzen nur noch die Lunge durchsetzt, so wird vermuthlich auf ihre Einwirkung die Einbusse der Gerinnbarkeit zurückzuführen sein.

Den Ursachen nachzuspüren, von welchen die Aenderung des Blutes abhängt, war verlockend. Liegen sie im Gewebe der Lunge, so wird der in diesem Organ ablaufende Stoffumsatz uns in einem anderen Licht als bisher erscheinen. Und wenn man die von Wooldridge entdeckte coagulirende Kraft des Extractes der Thymus, des Hodens u. s. w. mit der entgegengesetzt wirkenden des kleinen Kreislaufes zum Vergleich gestellt, so würde sich vermuthen lassen, dass der für gewöhnlich im Blute vorhandene Zustand als ein Ergebniss mehrfacher, sich gegenseitig regelnder, aus verschiedenen Organen stammender Einflüsse anzusehen sei. Doch für dieses Mal musste ich mich auf meine nächste Aufgabe beschränken.

Nachdem es feststand, dass die Abwesenheit der Gerinnung nicht vom Apparat selbst bedingt war, hätte die Entfernung der beweglichen Schwimmer für eine Verbesserung des Verfahrens gelten können; doch mit Unrecht, denn mit ihrem Wegfall bildet sich, wie ich gesehen, auf der Oberfläche der in die Aichröhren steigenden Blutmassen ein Schaum, der jede Messung unmöglich macht.

Reizung des starken inneren Nerven. — An sieben verschiedenen Hunden ist die Ausführung von jedes Mal mehrfachen Reizungen des starken inneren Astes, so weit ich sehe, fehlerlos ausführbar gewesen. So lange der Nerv reizbar blieb, war der Erfolg zwar stets derselbe, die Stromstärke der Aorta war gewachsen, aber in verschiedenen Beobachtungen in ungleichem Grade. Durch je ein Beispiel, das als der Vertreter anderer gleichartiger zu gelten hat, sollen die Verschiedenheiten der Erscheinungen veranschaulicht werden.

1. An dem Thiere, welches die nachfolgenden Zahlen und Curven geliefert hat, waren nach Vollendung der nöthigen Operationen — Eröffnung der Brusthöhle, Durchschneidung des rechten Vagus am Halse und über dem Zwerchfell, und nach Abtrennung aller vom rechten Brustvagus zum Herzen gehender Zweige — rechts wiederholt das periphere Ende des Halsvagus und der Ansa gereizt worden, um über die Abhängigkeit Aufschluss zu erhalten, in welcher der Blutstrom der Lunge von den Aesten des N. vagus steht.

Der Anfangs kräftige Herzschlag wurde 30 Minuten nach dem Beginn der Messungen schwächer und seltener. Erst nachdem die Leistungsfähigkeit des Herzens sich sehr merklich herabgemindert zeigte, wurde der bis dahin geschonte starke innere Zweig wiederholt mit Hülfe des Schlitteninductoriums gereizt. Vor, während und unmmittelbar nach dem Ende der Reizung lieferte das Federmanometer die obenstehende Pulscurve (Fig. 2).

Fig. 2.
ra bedeutet den Beginn, *re* das Ende der Reizung.

Den Angaben des Federmanometers entsprechen die der Aichgefässe. In der Tabelle bezieht sich die Ueberschrift: Füllungszeit [1] auf denselben Zeitraum, für welchen die in derselben Reihe sich folgenden Zahlen gelten; Schlagdauer bedeutet die zur Vollendung je einer Systole und Diastole gehörige Zeit, Schlagvolum giebt das mit einem Herzschlag, Secundenvolum das während einer Secunde aus dem linken Herzen ausgeworfene Blutvolumen.

Füllungszeit in Sec.	Schlagdauer in Sec.	Schlagvolum in Ccm.	Secundenvolum in Ccm.	Reizung
55	0·714	3·5	4·9	Ohne
21·3	0·497	9·1	18·2	Während
90·3	0·526	13·2	25·1	Ohne

Zweihundert und fünfzig Secunden nach der Beendigung der ersten Reizung des inneren starken Astes wurde, als die Erhebung des Pulses merklich geringer geworden, eine zweite angewendet, deren Ergebnisse durch die umstehenden Zahlen und nebenstehende Curven (Fig. 3) ausgedrückt sind. Da sich an die zweite eine dritte und vierte Reizung anschloss, so ist der Erfolg derselben fortlaufend in die Tabelle aufgenommen.

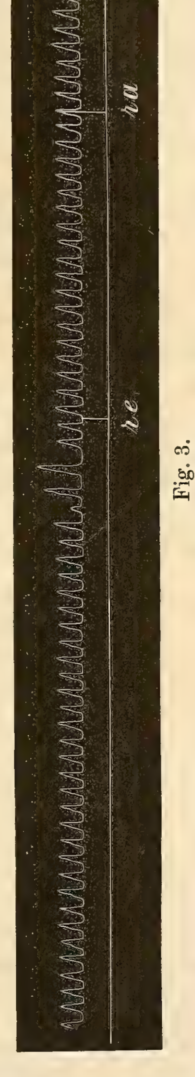


Fig. 3.
ra bedeutet den Beginn, *re* das Ende der Reizung.

Nummer der Reizung	Füllungszeit in Sec.	Schlagdauer in Sec.	Schlagvolum in Ccm.	Secundenvolum in Ccm.	Reizung
	43·9	0·623	7·8	12·6	Ohne
2	17·6	0·530	9·9	18·7	Während
	5·6	0·427	10·2	24·0	
	40·7	0·454	12·4	27·4	
	35·7	0·556	13·0	23·3	
	27·1	0·600	12·3	20·5	
	40·8	0·643	11·4	17·8	

[1] Das Wort „Füllungszeit“ soll darauf hinweisen, dass es sich um den Zeitabschnitt handelt, während dessen sich die Aichröhren mit Blut füllten. Der eingeschriebene Zeitwerth ist somit nicht ein willkürlich abgegrenzter, sondern ein durch den Versuch bestimmter.

(Fortsetzung der vorstehenden Tabelle.)

Nummer der Reizung	Füllungszeit in Sec.	Schlagdauer in Sec.	Schlagvolum in Ccm.	Secundenvolum in Ccm.	Reizung
	29·3	0·687	9·7	14·1	
3	16·4	0·565	11·0	19·4	Während
	10·3	0·429	11·5	26·8	
	29·9	0·447	12·4	27·8	
	40·2	0·508	12·1	23·9	
	16·2	0·673	6·3	9·3	
4	20·5	0·506	11·2	22·2	Während
	22·4	0·477	12·4	26·0	
	29·3	0·582	13·7	23·7	

Die jetzt folgenden Zahlen sind nicht, wie die vorhergehenden, Thieren entnommen, deren Herzschlag schon dem Erlöschen nahe war; im Gegentheil, das Herz arbeitete mit voller Kraft.

Die folgenden, von drei verschiedenen Thieren gelieferten Beispiele zeigen, dass sich während der Reizung des Nerven die Schlagdauer zu verkürzen, zu verlängern oder gleich zu bleiben vermag, ohne dass sich damit der Erfolg ändert, welchen die Reizung des Nerven für die Stromstärke besitzt.

I.

	Füllungszeit in Sec.	Schlagdauer in Sec.	Schlagvolum in Ccm.	Secundenvolum in Ccm.	Reizung
	26·0	0·241	8·6	35·6	Ohne
2	23·7	0·236	9·4	39·8	Während
	26·3	0·238	8·2	34·2	Ohne
	26·3	0·241	8·3	34·4	Ohne
3	39·4	0·240	8·7	36·2	Während
	27·5	0·241	7·5	31·1	Ohne

II.

	Füllungszeit in Sec.	Schlagdauer in Sec.	Schlagvolum in Ccm.	Secundenvolum in Ccm.	Rsizung
	15·1	0·402	12·2	30·5	Ohne
1	18·0	0·386	13·2	34·2	Während
	16·8	0·343	12·4	36·3	Ohne

(Fortsetzung der vorstehenden Tabelle II.)

	Füllungszeit in Sec.	Schlagdauer in Sec.	Schlagvolum in Ccm.	Secundenvolum in Ccm.	Reizung
	14·3	0·275	11·8	42·9	Ohne
2	20·7	0·295	13·5	45·7	Während
	18·4	0·315	13·3	42·2	Ohne
3	9·9	0·333	16·4	49·2	Während
	7·9	0·267	18·6	39·7	Ohne
4	15·3	0·267	10·9	40·7	Während
	26·4	0·283	11·4	40·4	Ohne
5	26·2	0·298	12·4	41·7	Während
	22·3	0·309	12·9	41·8	Ohne
	17·0	0·329	12·0	36·6	Ohne
6	16·9	0·337	12·4	36·8	Während
	29·8	—	—	36·0	Ohne

III.

	Füllungszeit in Sec.	Schlagdauer in Sec.	Schlagvolum in Ccm.	Secundenvolum in Ccm.	Reizung
	54·9	0·436	12·3	28·1	Ohne
1 {	14·6	0·378	10·2	27·1 }	Während
	16·3	0·331	10·5	31·8 }	
	64·4	0·403	12·0	29·8	Ohne
2 {	14·5	0·347	9·4	27·1 }	Während
	4·1	0·306	9·7	31·8 }	
	12·5	0·324	10·6	32·7	Ohne
	12·4	0·403	9·6	32·8	Ohne

Aus den Zahlen ergiebt sich, dass ausnahmslos die Stromstärke in der Aorta — das Secundenvolum — in Folge der Reizung unseres Zweiges anwuchs. Insofern hiermit auch eine Beschleunigung der Pulsfolge zusammentraf, könnte man dieser die Verantwortung für das Ansteigen des Blutstromes zuschieben, eine Annahme, welche zum Beweis für ihre Berechtigung die Beobachtungen vorführen würde, in welchen mit der Zunahme der Pulszahl die durch eine Systole ausgeworfene Blutmenge — das Schlagvolum — abgenommen hat. Gegen eine solche Beweisführung würde jedoch sogleich einzuwenden sein, dass mit der wachsenden Beschleunigung des Herzschlages auch die Dauer der Diastolen verringert sein muss. Nun

wird aber der Ventrikel nur in der letzteren Zeit mit Blut gespeist, woraus unmittelbar folgt, dass unter sonst gleichen Bedingungen in die Kammern um so weniger Blut eindringen werde, je rascher der diastolische Zustand vorübergeht.

Einem gleichen Einwande sind die Beobachtungen enthoben, in welchen ohne eine Steigerung der Pulsfrequenz die Stromstärke emporging. Unter dieser Bedingung konnte das Secundenvolum nur dadurch wachsen, dass die mit einer Systole entleerte Blutmenge (das Schlagvolum) zugenommen hatte. Und mit noch viel grösserer Deutlichkeit tritt der Antheil, den die erhöhte Leistung des Herzens an der Zunahme der Stromstärke gewinnt, dann hervor, wenn die von einer Systole ausgepresste Blutmenge sich vermehrt hat, trotzdem die Schlagdauer herabgesunken ist. Denn nun hätte man der kürzer dauernden Diastole wegen erwarten dürfen, dass jede Systole bei einer geringeren Füllung der Kammerhöhle begonnen habe und darum auch nicht im Stande gewesen sei, soviel Blut als sonst zu entleeren.

Aus der Zusammenstellung der verschiedenen Ergebnisse des Versuches geht demnach hervor, dass die zunehmende Stromstärke in der gesteigerten Leistung des Ventrikels selbst begründet sein müsse.

Die Grösse des Zuwachses, welche der Stromstärke durch die Reizung des Nerven zu Theil wird, fällt, wie die Beobachtungen lehren, sehr verschieden aus. Von vornherein war eine um so geringere Steigerung durch die Reizung zu erwarten, je grösser die Stromstärke schon während der Nervenruhe gewesen; denn die Leistungsfähigkeit des Herzens wird der allgemein gültigen Regel unterworfen sein, wonach die Muskelwirkungen eine gewisse obere Grenze nicht zu überschreiten vermögen. — Einer derartigen Voraussetzung entspricht der thatsächliche Befund; der Zuwachs erweist sich als gering, zuweilen bis in das Bereich unvermeidlicher Beobachtungsfehler fallend, wenn der Ventrikel schon vor der Reizung kräftig arbeitete. Solche Reizungen, die einen nur unbedeutenden Ausschlag hervorrufen, verdienen nur deshalb Beachtung, weil sie bei mehrfacher Wiederholung stets den gleichen Erfolg erzielten. Sehr mächtig dagegen gestaltete sich der Zuwachs, wenn der gereizte Nerv auf ein schwach arbeitendes Herz wirkte. Aber auch dann stieg die Leistung des Herzens nicht merklich über den Werth, der zur Zeit vorhanden war, als das Herz auch während der Ruhe des Nerven noch kräftig schlug.

Genauere Aufschlüsse über den zeitlichen Verlauf des Vorganges, welchen die Reizungen unseres Vagusastes auslösen, dürften schwer zu gewinnen sein. Ueberall da, wo der Zuwachs der Stromstärke ein geringer ist, bleibt man unsicher über den Anfang der Wirkung, wo dagegen, wie am ermüdeten Herzen der Anfang der Wirkung deutlich hervortritt, ist zu ver-

muthen, dass das Ende derselben durch die von Seiten des kräftigen Blutstromes gesteigerte Herzthätigkeit verdeckt werde. Offenbar wird der Blutstrom, welcher in Folge der Nervenerregung kräftiger geworden, die Thätigkeit des Herzens auch über die Zeit hinaus beleben, während welcher die unmittelbare Wirkung des Nerven auf das Herz andauert.

Den Angaben des Federmanometers gemäss erscheinen die sichtbaren Folgen der Reizung erst nach dem Verfluss einer Anzahl von Herzschlägen, noch später machen sich dieselben in dem Wachsthum der Stromstärke geltend. Einmal in der Zunahme begriffen, fährt die letztere damit auch nach der Beendigung einer über 20 bis 30 Secunden hin andauernden Reizung fort und meist erreicht, wie aus den vorstehenden Zahlen zu lesen ist, die Stromstärke erst 30 und mehr Secunden nach dem Austritt des Nerven aus dem Inductionsstrom ihren höchsten Werth. Wenn später die Stromstärke — das Secundenvolum — wieder herabgeht, so ist dieses keineswegs immer mit der von einem Herzschlag ausgeworfenen Blutmenge der Fall. Wenn nämlich durch die Reizung auch die Schlagfolge beschleunigt war, so ereignet es sich gewöhnlich, dass nach der Ausschaltung des Nerven aus dem Inductionsstrom die Wirkung auf die Pulszahl rascher und stärker abnimmt, als auf die Stromstärke — mit anderen Worten, das Schlagvolum ist noch im Wachsthum begriffen, wenn das Secundenvolum schon abgefallen ist.

Der Grösse des Anspruches, welche unser Nerv auf seine physiologische Würdigkeit zu erheben hat, kommt die lange Nachdauer einer vorausgegangenen Reizung jedenfalls zu Gute, mag die erhöhte Stärke der Strömung eine mittel- oder unmittelbare Folge seiner Erregung sein. Denn vorübergehende, die Herzleistung herabmindernde Einflüsse und deren Folgen können von dem erregten Nerven um so sicherer bekämpft werden, je länger seine Wirkung andauert

Ueber die Herkunft der Fasern, welche der verstärkend wirkende Nervenzweig dem Herzen zugeführt, musste ich nach meinen früheren Beobachtungen[1] der Meinung sein, dass sie aus dem Rückenmark hervorgehen, denn die Reizung des Halsvagus brachte nach vorgängiger Vergiftung mit Atropin keine Erhöhung des Carotidendruckes hervor.

In der neuen Versuchsreihe steigerte an zwei Thieren die Reizung des Halsvagus die Stromstärke. Häufiger allerdings blieb nach dieser Richtung hin der N. vagus unwirksam.

In dem ersten der folgenden Versuche war das Thier wiederholt mit Atropin vergiftet, beide Nn. vagi waren am Halse und oberhalb der Lungenwurzel durchschnitten. Ausserdem war rechts der obere innere Zweig abgelöst, auf der linken Seite war er dagegen unversehrt geblieben. — Trotz

[1] *Medicinisches Centralblatt.* 1885. S. 67.

der Vergiftung mit Atropin wurde der Herzschlag in der 19. Minute nach Beginn des Versuches erst vorübergehend und dann von der 21. Minute an dauernd seltener trotz der wiederholt vorgenommenen Eingabe von Atropin. Auf das Secundenvolum wirkte, wie man beachten mag, die Aenderung der Schlagdauer weniger ein als auf das Schlagvolum.

Nummer der Reizung	Füllungs-zeit in Sec.	Schlag-dauer in Sec.	Schlag-volum in Ccm.	Secunden-volum in Ccm.	Reizung
	27·2	0·311	9·6	30·9	Ohne
4	71·5	0·285	7·9	27·6	Rechter N. vagus
	77·4	0·273	8·1	29·7	Ohne
	29·4	—	—	26·6	Ohne
5	64·8	0·291	8·8	30·3	Beide N. vagi
	16·9	0·299	2.6	28·8	Ohne
6	37·1	0·282	10·5	36·6	Linker N. vagus
	71·6	—	—	29·8	Ohne
	23·7	—	—	26·4	Ohne
7	36·8	0·651	16·8	25·8	Rechter N. vagus
	70·2	0·610	18·4	30·1	Ohne[1]
8	15.4	—	—	31·5	Linker N. vagus
	49·5	0·577	14·8	25·7	Ohne
9	32·6	0·584	20·5	35·1	Linker N. vagus
	66·9	o·612	17·4	28·4	Ohne
10	57·5	0·630	17·7	28·1	Rechter N. vagus
	23·0	0·598	17·0	28·4	Ohne
	43·5	0·618	19·1	31·0	Ohne
11 {	14·3	0·591	21·3	36·1	} Linker N. vagus
	17·8	0·574	22·4	39·0	
	41·6	0·617	18·3	29·7	Ohne
	21·7	—	—	43·5	Ohne
12	27·4	—	—	44·5	Linker N. vagus
	74·1	—	—	43·1	Ohne
13	32·3	—	—	36·5	Rechter N. vagus
	76·6	—	—	44·1	Ohne
14	33·6	—	—	45·3	Linker N. vagus
	34·5	—	—	43·8	Ohne
15	22·9	—	—	48·5	Linker N. vagus
	23·9	—	—	45·8	

[1] Atropineinspritzung wiederholt.

Unabhängig davon, ob die Reizung des N. vagus in dem ersten oder in dem zweiten mit wiederholter Vergiftung beginnenden Abschnitt stattfand, blieben sich die Ergebnisse derselben gleich. Vom linken Vagus aus wurde Schlag- und Secundenvolum vergrössert. Der Angriff auf den rechten Nervenstamm erwies sich wechselnd entweder wirkungslos, oder er brachte eine geringe Minderung der Stromstärke hervor.

Zu dem mitgetheilten füge ich noch die Ergebnisse eines zweiten Versuches, der allerdings weniger als der erste beweist. Das Thier war mit Morphium und Atropin vergiftet, die Nn. vagi beiderseits am Halse und unter dem Zwerchfell durchschnitten. Da die Brusthöhle nicht eröffnet wurde, so blieben ausser denen des Herzens auch die Aeste der Lunge mit dem Stamm des N. vagus in Verbindung. Man kann demnach den Einwand nicht für beseitigt halten, dass die Steigerung der Stromstärke, welche die Reizung der Halsvagi hervorrief, von einer Aenderung in den Lungengefässen bedingt sei.

Nummer der Reizung	Füllungszeit in Sec.	Schlagdauer in Sec.	Schlagvolum in Ccm.	Secundenvolum in Ccm.	Reizung.
	25·0	0·244	9·8	40·2	Ohne
1	54·6	0·240	9·7	40·3	Rechter N. vagus R.-A. 13
	24·7	0·241	9·5	39·2	Ohne
	26·0	0·240	8·5	35·6	Ohne
2	23·7	0·236	9·4	39·8	Rechter N. vagus R.-A. 12
	26·3	0·238	8·1	34·2	Ohne
	26·3	0·240	8·0	33·4	Ohne
3	39·4	0·240	8·7	36·2	Beide Nn. vagi
	27·5	0·240	7·5	31·1	Ohne

Nachdem durch die vorstehenden Beobachtungen sicher gestellt ist, dass unser Vagusast auf eigenthümliche Art in den Blutlauf eingreift, erwacht der Wunsch nach der Einsicht in die Mechanik seiner Wirkung. Ihn zu erfüllen, dazu genügen die bisherigen Versuche nicht, denn es kann der Ventrikel auf zweierlei Weise die Stromstärke heben: er kann in der Diastole mehr Blut aufnehmen, in der Systole mehr als gewöhnlich auswerfen. Und gesetzt, durch den thatsächlichen Befund sei entschieden, dass entweder das eine oder andere Statt habe, so ist damit die Frage noch nicht endgültig erledigt. Denn wenn wir auch wüssten, dass der Ventrikel

deshalb mehr Blut liefere, weil er sich in der Systole kräftiger zusammenzöge, so würde es zweifelhaft bleiben, ob die inneren Herzreize oder die Reizbarkeit der Muskeln gesteigert worden sei oder ob der Eintritt der verschiedenen Fasern des HerzmMuskels in die Zusammenziehung in kürzeren zeitlichen Abständen, gleichmässiger als sonst, erfolgt sei. Oder wären wir andererseits davon überzeugt worden, dass sich trotz unveränderter Energie der Kammersystole die zur Aorta fliessende Blutmenge vermehrt habe, so könnte dieses geschehen sein, weil die Wand des Ventrikels weicher geworden und darum dem eintretenden Blute weniger Widerstand leistete, oder auch weil die Systole einen rascheren Ablauf genommen, sodass nun die Diastolen — d. h. die Füllungszeit der Kammerhöhle — gewachsen sei, ohne dass sich die Schlagdauer geändert hätte.

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrgang 1886—87.

XV. Sitzung am 17. Juni 1887.[1]

Hr. Goldscheider hielt den angekündigten Vortrag: „Ueber die Reactionszeit der Temperaturempfindungen."

Von Herzen sowie von dem Vortragenden ist bereits darauf aufmerksam gemacht worden, dass die Kälte- und die Wärmeempfindung zeitlich getrennt zur Wahrnehmung gelangen. Stern (Oppenheim) deutet an, dass er bei gesunden Personen eine Incongruenz zwischen Berührungs- und Wärmeempfindung, nicht aber zwischen Berührungs- und Kälteempfindung gefunden habe. Auch eine Mittheilung von Ewald ist hier anzuführen, wonach bei Tabikern die Latenzzeit der Reflexbewegungen bei Kältereizen kürzer war als bei Wärmereizen. Eine exacte Bestimmung der Reactionszeit der Temperaturempfindungen ist jedoch noch nicht ausgeführt worden.

Methode: Eine Metallkugel von Kirschen-Grösse ist an dem einen Ende eines rechtwinkelig gebogenen starren Drahtes befestigt; letzterer trägt an der Stelle seiner rechtwinkeligen Knickung eine Axe, welche in einem in eine Holzplatte eingelassenen Lager sich bewegt. Das freie, horizontal gerichtete Ende des Drahtes ruht auf einer ebenfalls in die Holzplatte eingelassenen vorstellbaren Platinspitze. Wird die nach unten hängende Kugel bewegt, so entfernt sich das freie Ende des Drahtes von der Spitze und so wird ein zwischen dieser und dem Axenlager fliessender elektrischer Strom unterbrochen, in welchem ein Signalapparat eingeschaltet ist. Die Kugel wird abgekühlt oder erwärmt und dient als Temperaturreiz, indem der zu prüfende Körpertheil mit ihr in Berührung gebracht wird und sie zugleich aus ihrer Lage bewegt. Der hierbei von der Kugel auf die Haut ausgeübte Druck kann dadurch regulirt werden, dass die vertical befestigte Holzplatte gedreht werden kann; der Grad der Drehung ist an einer unten angebrachten Kreisbogentheilung mittels eines im Mittelpunkt der Platte aufgehängten Pendels abzulesen. Das Reactionssignal wurde durch

---

[1] Ausgegeben am 25. Juni 1887.

einen zwischen die Schneidezähne genommenen Beisscontact ertheilt. Die Aufzeichnung der Signale geschah an einer sich drehenden Kymographiontrommel, auf welcher zugleich behufs Zeitmessung Stimmgabel-Schwingungen verzeichnet wurden. Die Schwierigkeiten, welche die Untersuchung der Reactionszeit gerade der Temperaturempfindungen bieten muss, waren von vornherein klar: die Leitung der Temperatur durch die Epidermis zu den Nervenenden wird verschiedene Zeit beanspruchen je nach der Dicke der Epidermis und der Differenz zwischen Haut- und Reiztemperatur. Um diese variable Grösse möglichst constant und die Leitungszeit überhaupt möglichst gering zu machen, wurden Stellen mit besonders dicker Epidermis bei der Vergleichung vermieden und die Reize relativ stark gemacht. Allein es zeigte sich bald, dass ein anderer Factor eine viel grössere Wichtigkeit beansprucht. Die absolute Temperaturempfindlichkeit zeigt nämlich die grössten regionären und localen Differenzen, d. h. die Intensität der durch einen gleichen Temperaturreiz ausgelösten Empfindungen ist eine sehr wechselnde. Die Reactionszeit ist aber, wie nachher berichtet werden wird, in der genauesten Abhängigkeit von der Intensität der Empfindung. Diese wurde daher denn auch als Maassstab bei den Versuchen zu Grunde gelegt, derart, dass vom Gesicht, oberen Extremitäten, Rumpf und unteren Extremitäten Partieen von hervorragender und ungefähr gleicher Temperaturempfindlichkeit ausgesucht und mit Kältereizen von 15° C. und Wärmereizen von ungefähr 50° C. behandelt wurden. Diese Partieen waren: Gegend des äusseren Augenwinkels und der anliegende Wangentheil, unteres Drittel der Ulnarfläche des Oberarms und oberes Drittel der Vola des Unterarms, besonders im radialen Theil, Stellen des Meso- und Epigastriums, unteres Drittel der inneren Fläche des Oberschenkels und innere Fläche des Knies. Die Prüfungen dieser Stellen bildeten das Skelet der Versuche, welche ausserdem sich dann noch auf manche anderen Regionen erstreckten. Die Ausführung der Prüfungen geschah meist so, dass der betreffende Körpertheil activ der Kugel genähert wurde; jedoch wurde eine Reihe von Controlversuchen angestellt, bei welchen die Kugel durch eine andere Person an die Haut gelegt wurde.[1] Die Selbstreizungen haben speciell bei der Untersuchung des Temperatursinnes gewisse Vortheile, obwohl sie sonst bei Bestimmungen von Reactionszeiten nicht üblich sind. Ausserordentlich leicht nämlich ermüdet eine mehrfach gereizte Stelle und giebt dann eine schwächere Empfindung; ferner kommt es leicht vor, dass auch innerhalb einer gut empfindlichen Partie weniger empfindliche Hautstellen von der Kugel getroffen werden. In solchen Fällen kann man bei der Selbstreizung in sehr einfacher Weise einen Wechsel der Applicationsstellen eintreten lassen, was bei Reizung durch Andere weit weniger gut zu machen ist. — Es wurden bezüglich der Kälteempfindung 41 Versuchsreihen, bezüglich der Wärmeempfindung 53 Versuchsreihen, im Ganzen 2172 Einzelversuche enthaltend, angestellt. — Die bei der Berührung der Kugel entstehende Tastempfindung kann durch eine gewisse Uebung vollständig vernachlässigt werden; es kommt daher nicht etwa zu einem psychischen Vorgange der Unterscheidung der Temperaturempfindung von der Berührungsempfindung („Unterscheidungszeit“ in dem v. Kries'schen Sinne). Dass die Vernachlässigung der Berührungsempfindung in der That gelungen ist, geht schon aus den sich von der Reactionszeit der Tastempfindungen

[1] Hr. Gad und Hr. Wurster hatten die Freundlichkeit, hierbei den Vortragenden zu unterstützen.

wesentlich unterscheidenden Werthen hervor. Der Gesichtssinn wurde natürlich durch Augenschluss ausgeschaltet.

Resultate: 1. Wenn man aus den für die intensiven Empfindungen der erwähnten Körperregion gewonnenen Versuchsreihen die Durchschnittswerthe berechnet, so ergiebt sich folgende Zusammenstellung, in welcher 0·1 Secunde die Einheit bildet.

	Kälte.	Wärme.
Gesicht	13·5	19
Obere Extremität .	15	27
Bauch	22·6	62
Untere Extremität .	25·5	79

Die Wärmeempfindung kommt sonach thatsächlich später zur Perception als die Kälteempfindung und diese Zeitdifferenz vergrössert sich mit der Entfernung des geprüften Körpertheiles vom Gehirn, sodass sie bei der unteren Extremität den enormen Werth von ungefähr $^1/_2$ Secunde erreicht.

2. Ist die Empfindung nur von mässiger Stärke, so werden die Zeitwerthe erheblich grösser, und noch viel mehr wachsen sie bei schwachen Empfindungen, so dass z. B. eine mässige Wärme-Empfindung vom Arm eine Reactionszeit von 46 bis 54 Hundertstel, eine schwache Wärme-Empfindung vom Arm eine solche von 90 bis 110 Hundertstel einer Secunde besitzt. (Die ausführliche Mittheilung der Zahlen ist einer grösseren Publication vorbehalten.) Zugleich sind die einzelnen Versuchsergebnisse und auch die Mittelwerthe der Versuchsreihen weniger übereinstimmend als bei den intensiven Empfindungen. Die langsamere Leitung durch die Hornschicht trägt bei den schwächeren Temperaturen jedenfalls zur Vergrösserung der Reactionszeit mit bei; jedoch ist der maassgebende Umstand die Intensität der Empfindung selbst; dies geht aus folgender Betrachtung hervor: Man kann eine schwache Empfindung einmal dadurch erzeugen, dass man eine gut empfindliche Stelle schwach reizt und ferner dadurch, dass man eine schwach empfindliche Stelle stark reizt. Bei ersterem Vorgehen wird die Leitung durch die Epidermis eine langsamere sein als bei letzterem. Dennoch findet man bei letzterem nicht bloss ebenfalls sehr grosse Reactionszeiten, sondern unter Umständen längere als bei ersterem Verfahren. Diese Erscheinung der Correlation von Reactionszeit zu Empfindungsstärke ist übrigens durchaus im Einklang mit den Erfahrungen anderer Autoren (Exner, v. Kries und Hall, v. Vintschgau).

Durch das Vorstehend Mitgetheilte wird das Verständniss für die klinisch beobachtete Erscheinung ermöglicht, dass bei Tabikern sich eine Verlangsamung der Perception von Wärmereizen, nicht aber von Kältereizen constatiren lässt (Stern-Oppenheim) und dass diese Verlangsamung um so geringer erscheint, je stärker der angewendete Wärmereiz ist.

Was die Interpretation des Phaenomens betrifft, so könnte man daran denken, dass die medullare Leitung sich für die Wärmereize in anderen Bahnen bewege, als für die Kältereize (hintere graue Substanz und Hinterstränge, Herzen). Jedoch kann der Vortragende sich einer solchen Anschauung nicht anschliessen. Auch in der Uebertragung des Reizes auf die peripheren Nervenenden kann die Ursache nicht gelegen sein, denn wenn selbst die Umsetzung des Wärmereizes in eine Nervenerregung längere Zeit erfordern sollte, als diejenige des Kälte-

reizes, so könnte es sich doch nur um eine geringfügige Constante handeln. Einer hinreichenden Erklärung ist die beschriebene Erscheinung zur Zeit nicht zugänglich.

Die Untersuchungen sind in der unter Leitung des Hrn. Gad stehenden Abtheilung des physiologischen Instituts gemacht, welchem der Vortragende für seine mannigfachen Rathschläge zu grösstem Dank verpflichtet ist.

In der Sitzung vom 27. Mai d. J. hielt Hr. Dr. A. LOEWY (a. G.) den angekündigten Vortrag: „Ueber das Athemcentrum in der Med. oblongata und die Bedingungen seiner Thätigkeit." (Aus dem thierphysiologischen Laboratorium der landwirthschaftlichen Hochschule.)

Zuntz und Geppert[1] haben gezeigt, dass für den Blutreiz die Erregbarkeit des von allen peripherischen Verbindungen getrennten Athemcentrums die gleiche ist, wie beim normalen Thiere, dass also die Anpassung der Athmung an die Bedürfnisse des Stoffwechsels vom Centrum allein ausgeht. Aber der Begriff „Athemcentrum" war hier kein anatomisch eng umgrenzter, insofern das medulläre und die sogenannten oberen Hirncentren noch im Zusammenhange geblieben waren, und es galt festzustellen, ob dieser Zusammenhang ein nothwendiger sei oder ob vielleicht das in der Med. oblongata gelegene Athemcentrum allein die fragliche Regulation ausübe.

Bei der Untersuchung dieser Frage war im Voraus eine zweite zu erörtern, nämlich wie beschaffen der Athmungstypus nach Isolirung des medullären Centrums sei, ob überhaupt noch eine reguläre Athmung ausgelöst werde oder ob sich „arhythmische Athemkrämpfe" einstellen, wie sie Marckwald[2] beschreibt und als typisch hinstellt. Es ergab sich hierbei eine allerdings auffällige Veränderung der Athmung, dadurch charakterisirt, dass die Athemfrequenz ganz bedeutend verlangsamt war, gewöhnlich zwei bis vier Athemzüge pro Minute, dass der Rhythmus ein von der Norm vollkommen abweichender war, indem die Inspiration meist an Dauer die Exspiration um ein Mehrfaches übertraf. Zuweilen bestand sie allerdings nur aus einer kurzen Zwerchfellcontraction, der eine lange Erschlaffung folgte. Die in der Zeiteinheit geathmeten Luftmengen waren beträchtlich herabgesetzt, und zwar um die Hälfte bis zu $^4/_5$ der ursprünglichen Volumina, dagegen waren die negativen Inspirationsdruckwerthe stets erhöht, die einzelnen Athemzüge hatten bedeutend an Grösse gewonnen, die Athmung war vertieft. Aber entgegen den Marckwald'schen Angaben blieb in den Versuchen des Vortragenden die Athmung stets rhythmisch, „arhythmische Athemkrämpfe" wurden nie beobachtet.

Was nun die Erregbarkeit des medullären Athemcentrums betrifft, zu deren Prüfung in der einen Reihe von Fällen die CO_2 diente, welche in mässigem Strome der Inspirationsluft beigemengt wurde, in der anderen die Stoffwechselproducte, welche sich bei Tetanisirung der aus der nervösen Verbindung mit der Med. oblongata infolge Durchtrennung der Med. spinalis ausgeschalteten Hinterläufe bildeten,[3] so fand sich, dass sie in jeder Beziehung die gleiche wie vor der Isolirung geblieben war. Daraus ergab sich, dass nicht nur die

---

[1] Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1886. Bd. XXXVIII. S. 337.
[2] *Zeitschrift für Biologie.* Bd. XXIII, und *dies Archiv.* 1880. S. 440.
[3] Zuntz und Geppert, a. a. O.

Peripherie, sondern auch die sogenannten oberen Athemcentra ohne Einfluss waren auf die Regulirung der Athmung durch die Blutbeschaffenheit, dass diese vielmehr durch das medulläre Centrum allein besorgt wurde.

Die Versuche des Vortragenden bewiesen zugleich den bedeutsamen Einfluss der Nn. vagi auf die Athmung und zwangen zu der Annahme, dass von den Lungen aus durch die Bahnen dieses Nerven ausser den von Hering und Breuer[1] entdeckten Reizen noch andere, stetig andauernde, ununterbrochen wirksame Erregungen zur Med. oblongata gelangen, wie es diese Forscher selbst bereits angegeben haben. Die Ursachen dieser Erregungen waren bis heute unbekannt; man dachte meist an chemische Reize, analog der noch jüngst von Gad bestätigten Reizwirkung reiner CO_2 auf die pulmonalen Vagusendigungen.

Vortragender hat nun durch Versuche gefunden, dass ebenso wie die von Hering und Breuer entdeckten Reize auch diese stetigen Erregungen auf eine mechanische Ursache zurückzuführen seien. Wurde nämlich bei den Versuchsthieren auf irgend eine Weise die eine Lunge vollkommen luftleer, atelektatisch gemacht, so ergab sich, dass, wenn der der noch functionirenden Lunge entsprechende Vagus durchschnitten wurde, die für die doppelseitige Vagotomie charakteristische Veränderung der Athmung eintrat: eine Vertiefung und Verlangsamung, die durch die Section des zweiten, der atelektatischen Lunge zugehörigen Vagus nicht verändert wurde. Waren zuvor die Grosshirnbahnen durchschnitten, so trat trotz Intactsein des einen Vagus die oben als typisch für die Ausschaltung der Hirnbahnen und beider Vagi beschriebene Atmungsform auf.

In jedem Falle wurde durch Wiederaufblasen der atelektatischen Lunge die frühere Frequenz wieder hergestellt, so lange der zugehörige Vagus intact war.

Die Ergebnisse beweisen, dass der Vagus von der völlig luftleeren Lunge keine Erregungen mehr erhielt, dass sein Tonus erloschen war und dass dies Erlöschen eben durch die völlige Entleerung von Luft herbeigeführt wurde. Dies Verhalten weist zugleich darauf hin, dass der atelektatische Zustand gewissermaassen einen physiologischen Indifferenzzustand, einen Ruhezustand darstellt, und es ergiebt sich so vom physiologischen Standpunkte eine interessante Uebereinstimmung mit der Annahme Lichtheim's,[2] der diesen Zustand völliger Luftleere als den mechanischen Gleichgewichtszustand ansprechen zu müssen glaubte.

XVI. Sitzung am 1. Juli 1887.[3]

Hr. GOLDSCHEIDER hielt den angekündigten Vortrag „Ueber die Topographie des Temperatursinns." Mit Demonstration von Tafeln.

Schon E. H. Weber hat auf die localen Unterschiede aufmerksam gemacht, welche die Ausbildung des Temperatursinns zeigt und eine Reihe darauf

[1] *Sitzungsberichte der Wiener Akademie.* Bd. LVIII. S. 908.
[2] *Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie.* Bd. X. S. 54.
[3] Ausgegeben am 22. Juli 1887.

bezüglicher einzelner Daten mitgetheilt. Dieselben sind von Nothnagel bestätigt und vermehrt worden. Der Vortragende hat es unternommen — und zwar zu dem praktischen Zwecke, um eine Basis für die klinische Temperatursinnprüfung zu gewinnen —, die Beschaffenheit des Temperatursinns in seiner continuirlichen Verbreitung über die gesammte Körperoberfläche festzustellen. Als Maassstab wurde die absolute Empfindlichkeit, ausgedrückt durch die Intensität des Eindrucks, welchen ein und derselbe Temperaturreiz hervorruft, genommen. Die Beobachtungen erstreckten sich zunächst auf den eigenen Körper, an welchem abschnittsweise die deutlich wahrnehmbaren Abstufungen des Kälte- resp. Wärmesinns festgestellt und abgezeichnet wurden. Es ergaben sich für den Kältesinn 12, für den Wärmesinn 8 wohl zu unterscheidende Intensitätsstufen. Eine grössere Zahl anatomisch markirter Hautstellen, welche derartig ausgewählt wurden, dass sie an jedem grösseren Körperabschnitt die dort vorhandenen Abstufungen der Temperaturempfindlichkeit in sich repraesentirten, wurden als Prüfungsstellen zur klinischen Temperatursinnuntersuchung bestimmt und bezüglich ihrer Constanz bei 30 Personen verglichen. Nachdem ihnen so ihr Platz in der Scala angewiesen, wurden bei 5 von diesen Personen durch Vergleichung der gesammten Hautfläche mit den Prüfungsstellen möglichst continuirliche Aufnahmen der Temperatursinntopographie bewerkstelligt, welche zu jener ersten ergänzend hinzutraten. So entstanden — im Verlauf von etwa zwei Jahren — die vorliegenden Tafeln, welche demnächst im Archiv für Psychiatrie zur Veröffentlichung gelangen. Aus denselben geht hervor, dass die absolute Temperaturempfindlichkeit der Haut ausserordentlich bedeutende locale Verschiedenheiten darbietet. Diese sind oft an dicht benachbarten Hautpartieen ausgesprochen, woraus schon Weber geschlossen hat, dass es nicht bloss die Beschaffenheit der Oberhaut sei, welche diese Verschiedenheiten bedinge, sondern die Anlage des nervösen Apparates selbst. Der Kältesinn ist durchweg verbreiteter und intensiver angelegt als der Wärmesinn. Sehr in die Augen fallend ist dies Verhältniss am Unterschenkel und Fuss. Nur an einzelnen beschränkten Stellen kann gelegentlich der Wärmesinn den Kältesinn überragen. Dabei geht die Entwickelung beider Qualitäten insofern Hand in Hand, als dort, wo der Kältesinn stärker ausgebildet ist, es auch der Wärmesinn ist. Die Verschiedenheiten der absoluten Empfindlichkeit sind lediglich durch die Innervation bedingt, derart, dass sie dort zunimmt, wo ein sensibler Nerv mit seinen Verästelungen in die Hautsinnesfläche eintritt und nach den Grenzen seines Ausbreitungsbezirkes hin wieder abnimmt. Innerhalb jedes Innervationsterritoriums ist der Wärmesinn extensiv und häufig auch intensiv schwächer angelegt als der Kältesinn. Deshalb tritt die Felderung nach Innervationsterritorien für den Wärmesinn deutlicher hervor als für den Kältesinn. Sehr deutlich ist dieselbe an der Kopfhaut, wo die Gebiete des N. frontalis, des N. auriculo-temporalis mit dem N. occipitalis minor und des N. occipitalis major durch unempfindliche Lücken von einander getrennt sind. Auffallend ist die sich an der Seitenwand des Rumpfes herunterziehende längliche Lücke. Dieselbe entspricht denjenigen Stellen, an welchen die Rami laterales der Intercostalnerven hervortreten und sich je in einen nach vorn und einen nach hinten ziehenden Ast theilen. Wahrscheinlich verzweigen sich letztere hauptsächlich in der Richtung nach vorn und nach hinten, während die der Theilung selbst entsprechende Hautstelle wenig innervirt wird. Die vordere schmälere Längslücke entspricht den Durchtrittspunkten der Rami anteriores der Intercostal-

nerven, die hintere den Durchtrittspunkten der Rami posteriores. Der den Dornfortsätzen entsprechende Hautstrich zeigt ein merkwürdiges Verhalten; er ist nämlich für Kälte mehr empfindlich als die seitlich von ihm gelegene Partie, dagegen für Wärme weit weniger empfindlich als letztere. Dies kann wohl nur so erklärt werden, dass die medialwärts gehenden Zweige der Cutanei posteriores sich mit den in ihnen enthaltenen Kältenerven von beiden Seiten her durchflechten, während die Wärmenerven — gemäss ihrer überhaupt geringeren Entwickelung — sie vielleicht nur mit spärlichen Ausläufern erreichen. An der hinteren Fläche des Schultergelenkes und Oberarmes findet sich zwischen den Gebieten des N. axillaris, N. cutaneus int. und den Nn. supraclaviculares ein sehr schwach wärmeempfindliches Gebiet, während für den Kältesinn keine deutliche Trennung der Nervenbezirke vorhanden ist. Aehnlich verhalten sich an der Beugefläche des Unterarmes die Gebiete des N. cutaneus medius und des N. musculo-cutaneus. Die extensivere Verbreitung der Kältenerven ist sehr deutlich am Handrücken. Am Unterschenkel ist die Gebietstrennung zwischen Saphenus major und Peroneus auch für den Kältesinn ausgesprochen, besonders augenfällig ist hier auch die Abnahme der Kälteempfindlichkeit innerhalb des Peroneusgebietes nach unten hin und ebenso der Wärmeempfindlichkeit innerhalb des Saphenusgebietes. In diese Reihe gehört auch die Erscheinung, dass auf Knochen und Knochenvorsprüngen die Temperaturempfindlichkeit meist eine weit geringere ist als in der Umgebung, wie z. B. auf den Metacarpalknochen, dem Olecranon, der Patella, der vorderen Tibiafläche u. a. m. — Die von Weber und Nothnagel hervorgehobene Erscheinung, dass der Temperatursinn in der Mittellinie des Körpers schwächer ist als seitlich, kann durch die Tafeln im Ganzen bestätigt werden. Eine Ausnahme macht der Kältesinn an der hinteren Commissur. An der vorderen Rumpffläche ist die Erscheinung deutlich, wenn man nicht gerade die Mittellinie, sondern die mittlere Zone überhaupt mit den Seitentheilen vergleicht. Sehr augenfällig ist das beregte Verhalten im Gesicht. — Im Allgemeinen nimmt die Temperaturempfindlichkeit von der Peripherie nach dem Rumpf hin zu, verhält sich demnach umgekehrt wie der Ortssinn. Jedoch besteht keineswegs eine Reciprocität zwischen Temperatur- und Druck- resp. Ortsempfindlichkeit; es scheint nur, dass eine grössere Menge von Temperaturnerven und eine grössere Menge von Drucknerven sich an einer und derselben Hautstelle ausschliessen; so findet man mehrfach Verhältnisse wie an der Volarfläche der Nagelphalanx, wo die Beere eine sehr feine Ortsempfindlichkeit und sehr schwachen Temperatursinn, die oberhalb derselben gelegene Hälfte der Phalanx geringeren Ortssinn und bessere Temperaturempfindlichkeit besitzt. Da somit die Drucknerven allein kein vollständiges Bild von der Versorgung der Haut mit Nerven geben, so wird ein Einwand hinfällig, welcher gelegentlich bei der Discussion über die anatomische Einheit oder Verschiedenheit der Weber'schen Empfindungskreise erhoben worden ist, dass nämlich die Nerven am Rücken, wo die Ortsempfindlichkeit 30 Mal gröber sei als an der Fingerspitze, doch wohl nicht 30 Mal weniger dicht lägen. Dies ist eben gar nicht nothwendig, weil die Rückenhaut sehr viel mehr Temperaturnerven enthält als die Fingerspitze. — Die von Weber mitgetheilte Beobachtung, dass warmes Wasser uns beim Eintauchen der ganzen Hand wärmer vorkommt als beim Eintauchen eines Fingers, dürfte nicht ohne Weiteres dahin zu erklären sein, dass die Intensität der Temperaturempfindung mit der Grösse der gereizten Fläche wächst, — wie Weber

wollte — da es ebenso wahrscheinlich ist, dass die stärkere Temperaturempfindung von den stärker empfindlichen Stellen, wie sie an der Mittelhand vorhanden sind, ausgelöst wird. — Die Topographie der absoluten Empfindlichkeit fällt nicht zusammen mit derjenigen der Unterschiedsempfindlichkeit. Nach den Feststellungen von Nothnagel und von Eulenburg ist die letztere von der Volarfläche der Nagelphalanx 3—5 Mal so fein als am Rücken, während die absolute Empfindlichkeit an jener weit schwächer ist als an diesem u. s. w., die Unterschiedsempfindlichkeit hängt wahrscheinlich nicht von dem Nervenreichthum und der absoluten Stärke der Empfindung ab, sondern von dem Gebrauch, welchen wir gerade von der betreffenden Hautpartie als percipirendem Organ zu machen pflegen, d. h. von der Uebung.

XVII. Sitzung am 15. Juli 1887.[1]

Hr. L. Jacobson hielt den angekündigten Vortrag: „Ueber die Abnahme der Schwingungsamplituden bei ausklingenden Stimmgabeln."

Ich möchte mir erlauben über Untersuchungen Bericht zu erstatten, welche mich seit Beginn des vorigen Semesters beschäftigen. Dieselben sind in der physikalischen Abtheilung des physiologischen Instituts ausgeführt worden und betreffen die Frage, in welcher Weise die Schwingungsamplituden ausklingender Stimmgabeln an Grösse abnehmen.

Diese Frage hat für den Ohrenarzt in neuerer Zeit erhöhtes Interesse gewonnen. In dem Bestreben nämlich, die Hörschärfe Ohrenkranker für Töne verschiedener Höhe als Bruchtheil der normalen Hörschärfe zahlenmässig auszudrücken, hat man den Vorschlag gemacht, zu diesem Zwecke ausklingender Stimmgabeln sich zu bedienen. Wird die zur Untersuchung bestimmte Gabel stets mit constanter Kraft in Vibration gesetzt und stets in gleicher Richtung und Entfernung von dem Ohreingange gehalten, so ist in der That wohl anzunehmen, dass diejenige Zeit, welche von dem Beginn des Tones bis zum völligen Verklingen desselben vergeht, als Maassstab für die Hörschärfe des Kranken für eben diesen Ton benützt werden kann. Hierzu indessen ist es, wenn wir von anderen Vorbedingungen zunächst noch absehen wollen, jedenfalls erforderlich, die Art und Weise, in welcher die Intensität des Stimmgabeltones sich vermindert, zu kennen. Da nun die Intensität eines Tones von der Amplitude der Schwingungen abhängt, so handelte es sich zunächst darum, festzustellen, wie die Amplituden der Stimmgabelzinken beim Ausklingen an Grösse abnehmen.

Der Theorie nach verhalten sich unter Voraussetzungen, auf welche ich noch zurückkommen werde, die Schwingungsweiten eines in einem widerstehenden Medium ausschwingenden elastischen Körpers, also auch die einer ausklingenden Stimmgabel, wie die Glieder einer abnehmenden geometrischen Reihe, d. h. das Verhältniss zweier aufeinanderfolgender Amplituden resp. das logarithmische Decrement derselben ist constant. Bedeutet also A die Amplitude im Beginn des Tones, $A.e$ diejenige nach Ablauf von einer, $A.e^2$ diejenige nach Ablauf von zwei Secunden, so würde die Amplitude nach m Secunden

[1] Ausgegeben am 22. Juli 1887.

$A.e^m$, nach n Secunden $A.e^n$ sein. Nenne ich „Hörzeit" oder „Perceptionsdauer" diejenige Anzahl von Secunden, welche von dem Beginn des Tones bis zum völligen Verklingen desselben vergeht, und ist dieselbe für das kranke Ohr $= m$, für das gesunde $= n$ Secunden bestimmt worden, so müsste sich die Hörschärfe des Kranken als Bruchtheil der normalen Hörschärfe berechnen lassen, und zwar würde, constanten Anschlag der Gabel vorausgesetzt und ferner unter der Annahme, dass die Intensität des Tones dem Quadrat der Schwingungsamplitude proportional ist, die Hörschärfe des Kranken zu der des Gesunden sich verhalten wie $A^2.e^{2.n} : A^2.e^{2.m} = e^{2.(n-m)} : 1$.

Zu diesem Resultat würden wir gelangen, wenn die Voraussetzung, von welcher ich ausgegangen bin, dass nämlich die Amplituden der Stimmgabelschwingungen wie die Glieder einer geometrischen Reihe sich vermindern, eine Annahme, welche übrigens auch der Theorie nach nur dann gilt, wenn die Amplituden hinreichend klein und die Widerstände, welche sich der Bewegung entgegenstellen, der augenblicklichen Geschwindigkeit derselben proportional sind, wenn also diese Voraussetzung in der That richtig ist. Letzteres aber ist von gewichtiger Seite bestritten worden. In seiner Physiologie des Gehörs (Handbuch der Physiologie. Herausgegeben von Hermann. Bd. III. S. 120) erwähnt Hensen eine zuerst von v. Conta angegebene Methode, nach welcher „aus der Zeit, welche angeschlagene Stimmgabeln brauchen, um bis zum Unhörbaren abzuklingen", die Hörschärfe berechnet werden soll, und fährt dann bei der Beurtheilung dieses Verfahrens in folgender Weise fort: „Leider ergeben mir genaue Messungen an drei Stimmgabeln von 256 v. d., dass das logarithmische Decrement hier keine Constante ist, sondern bis zu einer Elongation von 0·07 ^{mm} an und bei einer schweren Stimmgabel von 0·8 ^{mm} an abnimmt (Log. des Decrements: 0·000028 resp. 0·000285), um dann wieder recht merklich, und zwar mindestens auf Log. des Decrements: 0·000047 resp. 0·00069 zu wachsen."

Da die Bestimmung der Hörschärfe für Töne verschiedener Höhe sowohl für physiologische wie auch für klinische Untersuchungen auf akustischem Gebiet, insbesondere für die otiatrische differentielle Diagnostik meines Erachtens von erheblicher Wichtigkeit ist, so unternahm ich es, die angeführten Ergebnisse Hensen's, nach welchen ausklingende Gabeln zur zahlenmässigen Bestimmung der Hörschärfe als unbrauchbar betrachtet werden müssten, einer experimentellen Prüfung zu unterziehen.

Ich befestigte an eine Zinke der zu untersuchenden Gabel unmittelbar an ihrem Ende eine feine Schreibspitze von solcher Art, dass Eigenschwingungen derselben in der Richtung der Stimmgabelvibrationen möglichst vermieden waren. Sodann wurde die Gabel, deren Stiel in einem soliden Stativ fest eingeklemmt war, in zweckmässiger Weise, d. h. so, dass das Stativ hierbei möglichst wenig erschüttert wurde, in Schwingungen versetzt und verzeichnete dieselben auf einem mit schwach berusstem Papier bespannten, in Schraubenbewegung rotirenden Cylinder. Auf diese Weise erhielt ich eine wellenförmige Curve mit stetig abnehmender Amplitude. Nun betrachtete ich eine Anzahl von Wellenbergen, deren Abstände von einander ich vorher gemessen hatte, mit Hülfe des Mikroskops und bestimmte ihre Höhe mit dem Ocularmikrometer. Die so gefundenen Werthe ergeben die Grösse der in den entsprechenden Zeitpunkten vorhandenen halben Schwingungsamplituden der Stimmgabel nicht unmittelbar. Um letztere zu erhalten, müssten wir erstere wegen der erwähnten Spiralbewegung des Cy-

linders durch den Cosinus desjenigen Winkels dividiren, den die in der Ruhelage der Gabel geschriebene Abscisse mit der Horizontalen bildet. Wir würden hierdurch diejenigen Sehnen erhalten, denen die Schwingungsamplituden der Stimmgabelzinke als Bögen eines Kreises entsprechen, dessen Radius die Entfernung der Schreibspitze von dem Knotenpunkte der Gabel ist. Die Berechnung dieser Bögen geschieht nach der Formel:

$$arc\ sin\ x = \frac{x}{1} + \frac{1}{2} \cdot \frac{x^3}{3} + \frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 4} \cdot \frac{x^5}{5} + \dots$$

Beide eben genannte Correcturen sind indessen, wie ich mich durch Rechnung überzeugt habe, so geringfügig, dass sie die 7te Decimalstelle des logarithmischen Decrements nicht mehr beeinflussen, und können daher wegfallen. Da ich eine Reihe von Wellenbergen in den verschiedenen Theilen der Curve gemessen und ihre Abstände von einander durch Abzählen der zwischenliegenden Wellen bestimmt hatte, so konnte ich das Verhältniss aufeinander folgender Amplituden beim Ausklingen der Gabel oder auch das logarithmische Decrement derselben mit Leichtigkeit bestimmen.

Im Beginn meiner Untersuchungen gelangte ich hierbei stets zu dem Resultat, dass das logarithmische Decrement beim Ausklingen allmählich immer grösser werde, oder mit anderen Worten, dass die Schwingungen der Gabel sich rascher vermindern, als es den Gliedern einer geometrischen Reihe zukommt. Dieses Ergebniss erweckte in mir den Verdacht, dass bei der von mir gewählten Versuchsanordnung so erhebliche Reibungswiderstände sich geltend machen, dass die vorher angeführte Voraussetzung von der Proportionalität derselben mit der augenblicklichen Geschwindigkeit nicht als streng gültig betrachtet werden kann. Da ich die Schreibspitze immer so fein, wie irgend möglich, eingestellt hatte, so konnte eine in solchem Maasse vorhandene Reibung nur in einer etwaigen ungeeigneten Beschaffenheit der Cylinderoberfläche ihren Grund haben. Diese Annahme erscheint mir um so berechtigter, als sich, wenn man einen Cylinder mit Papier bespannt, eine Ungleichmässigkeit der Mantelfläche an derjenigen Stelle, wo die Ränder des Papiers an einander stossen, kaum vermeiden lässt und bei jedesmaligem Hinübergleiten der Schreibspitze über den hierdurch entstehenden Wulst ein ansehnlicher Reibungszuwachs plötzlich entsteht.

Auf Anrathen von Hrn. Dr. Gad liess ich mir daher für meine ferneren Versuche einen gleichmässig glatt polirten Metallcylinder anfertigen, auf dessen schwach berusstem Mantel die Gabel ihre Schwingungen aufschrieb, sodass ich jetzt das Mikroskop direct auf den Cylindermantel richten musste. Nunmehr gelangte ich zu viel besseren, der Theorie mit hinreichender Genauigkeit entsprechenden Werthen.

Da ich mir eingehendere Mittheilungen über den in Rede stehenden Gegenstand vorbehalten möchte, so theile ich an dieser Stelle das Ergebniss nur eines mit dem Metallcylinder angestellten Versuches mit, welcher das typische Resultat einer grösseren Reihe anderer darstellt. Den Anfangstheil der Curve habe ich stets unberücksichtigt gelassen, da derselbe durch die zunächst erfolgende, wenn auch geringe Gesammterschütterung des Apparats beeinträchtigt wird. Die letzte (kleinste) von mir in Betracht gezogene Amplitude führt in der folgenden Tabelle A die Ordnungszahl 1, welche ebenso wie die anderen Ordnungszahlen den (nach Theilstrichen des Ocularmikrometers gemessenen)

Höhen der Wellenberge in der ersten Colonne vorangestellt sind. Um zu erkennen, mit wie grosser Annäherung die erhaltenen Zahlen den der Theorie nach zu erwartenden entsprechen, betrachtete ich die beiden ersten Werthe (15·025 und 17) als 1. und 101. Glied einer geometrischen Reihe, bildete aus ihnen den Exponenten

$$e = \sqrt[100]{\frac{17}{15 \cdot 025}}$$

und berechnete nun die den in Colonne I angegebenen Ordnungszahlen zugehörigen höheren Glieder. Dieselben sind in der 3. Colonne der Tabelle A enthalten. Die 4. Colonne giebt die Abweichung der berechneten von den beobachteten Werthen in Procenten der letzteren.

Tabelle A.

I. Ordnungszahl der Amplituden.	II. Höhe der Wellenberge, nach Theilstrichen des Ocularmikrometers gemessen.	III. Entsprechende geometrische Reihe für log. $e = 0 \cdot 0\,005\,363$ berechnet.	IV. Abweichung in %.
1	15·025	15·025	0·0
101	17	17	0·0
201	19·3	19·235	— 0·3
301	22·3	21·763	— 2·4
397	25	24·502	— 2·0
493	28·3	27·586	— 2·5
591	33	31·136	— 5·7
701	38·95	35·666	— 8·4
791	44·4	39·859	—10·2
891	53·375	45·098	—15·5
991	64	51·026	—20·3
1101	81·2	58·451	—28·0

Die Betrachtung vorstehender Tabelle zeigt, dass beide Reihen in den 3 letzten Gliedern unverhältnissmässig stärker von einander abweichen, als in den vorhergehenden. Es entspricht dieses Ergebniss indessen durchaus den Annahmen der Theorie, nach welcher die Schwingungsamplituden in geometrischer Reihe nur dann abnehmen sollen, wenn sie hinreichend klein sind. Ein Blick auf die Grösse der procentischen Abweichungen (Colonne IV.) lehrt, dass die 3 grössten Glieder (81·2; 64; 53·375) aus dem Bereich des theoretischen Gesetzes auszuschliessen sind. Dagegen wird sich die Reihe der übrigen 9 Glieder mit genügender Annäherung einer geometrischen vergleichen lassen.

Bei der in Colonne III. dargestellten Berechnung bin ich von den beiden kleinsten der beobachteten Wellenberge ausgegangen, habe diesen also eine Ausnahmsstellung den anderen gegenüber eingeräumt, indem ich sie als fehlerlose Glieder auch der geometrischen Reihe annahm.

Dieses ist aber unzulässig, da die Höhen dieser beiden Wellenberge mit demselben Beobachtungsfehler gemessen sein können, wie diejenigen der übrigen.

Richtiger wird es sein, die Exponenten oder besser deren Logarithmen, die logarithmischen Decremente der Reihe, aus den 9 ersten Messungswerthen zu berechnen und ihr arithmetisches Mittel als logarithmisches Decrement einer mit den Beobachtungen zu vergleichenden geometrischen Reihe zu verwenden. Es ist dieses in Tabelle B. geschehen.

Tabelle B.

I. Logarithmische Decremente der 9 kleinsten Messungswerthe (vergl. Tab. A).	II. Ordnungszahlen der zur Berechnung verwendeten Amplitudenpaare.
0·000 5363	101:1
0·000 5437	201:1
0·000 5716	301:1
0·000 5584	397:1
0·000 5589	493:1
0·000 5792	591:1
0·000 5910	701:1
0·000 5957	791:1

Mittelwerth aus den 8 ersten Decrementen (den 9 ersten Gliedern entsprechend): 0.0005668.

Tabelle C. enthält in Colonne II. die dem mittleren Decrement 0·0005668 entsprechende geometrische Reihe, in Colonne III. die Abweichung von der Reihe der gemessenen Werthe in Procenten der letzteren.

Tabelle C.

I. Höhe der Wellenberge nach Theilstrichen des Ocularmikrometers gemessen.	II. Entsprechende geometrische Reihe für log e = 0·000 5668 berechnet.	III. Abweichung in %.
15·025	15·025	0·0
17	17·120	+ 0·7
19·3	19·507	+ 1·1
22·3	22·226	− 0·3
25	25·193	+ 0·8
28·3	28·556	+ 0·9
33	32·453	− 1·7
38·95	37·463	− 3·8
44·4	42·133	− 5·1

Ein Vergleich der Tabellen A. und C. lehrt, dass die maximale procentische Abweichung der 9 ersten (kleinsten) Beobachtungswerthe von den entsprechenden Gliedern der zum Vergleich aufgestellten geometrischen Reihen bis

auf die Hälfte (von 10·2 auf 5·1) dadurch reducirt worden ist, dass wir ein anderes logarithmisches Decrement zur Berechnung verwendet haben. Es liess sich annehmen, dass unter Zugrundelegung eines noch zweckmässiger gewählten, empirisch zu findenden logarithmischen Decrements eine geometrische Reihe aufgestellt werden kann, welche der Beobachtungsreihe noch bedeutend näher kommt. Ich lasse in Tabelle D. (Colonne II. und IV.) zwei geometrische Reihen folgen, welche dieses bestätigen. Ihnen sind in Colonne III. und V. die procentischen Abweichungen von den Messungswerthen (Colonne I) zur Seite gestellt.

Tabelle D.

I. Höhe der Wellenberge nach Theilstrichen des Ocularmikrometers gemessen.	II. Geometrische Reihe für log. e = 0·000 5815 berechnet.	III. Abweichung in %.	IV. Geometrische Reihe für log. e = 0·000 5600 berechnet.	V. Abweichung in %.
15.025	15·025	0.0	15·025	0·0
17	17.178	+ 1·0	17·093	+ 0·5
19·3	19·639	+ 1·8	19·446	+ 0·8
22·3	22·453	+ 0·7	22·122	— 0·8
25	25·533	+ 2.1	25·037	+ 0.1
28.3	29·036	+ 2·6	28·337	+ 0.1
33	33.108	+ 0·3		
38·95	38·362	— 1·5		
44·4	43·275	— 2.5		

Die vorstehend mitgetheilte Tabelle D ergiebt, dass die von der ausklingenden Gabel aufgeschriebenen Schwingungsamplituden von den Gliedern einer geometrischen Reihe höchstens um 2·6 % abweichen, vorausgesetzt, dass wir nur diejenigen Wellenberge in Betracht ziehen, deren Höhe 44·4 Theilstrichintervalle = 1·32 ^{mm} nicht überschreitet. Die Theorie sagt nun, dass das Gesetz der geometrischen Reihe um so genauer erfüllt ist, je kleiner die Amplituden sind. In Uebereinstimmung hiermit zeigt die Reihe der 6 kleinsten beobachteten Messungswerthe, die eine Elongation von höchstens 28·3 Theilstrichintervallen = 0·84 ^{mm} darstellen, von der in Colonne IV (Tab. D) aufgestellten geometrischen Reihe eine maximale Abweichung von nur 0·8 %.

Die Abweichungen meiner Versuchsresultate von der Theorie sind also, wie aus Tabelle D ersichtlich, relativ klein und lassen sich vielleicht durch unvermeidliche Beobachtungsfehler zur Genüge erklären. Denn erstlich sind wir bei der Messung mit dem Ocularmikrometer auf blosse Schätzung der Bruchtheile eines Scalenintervalls angewiesen. Ferner aber hat die durch eine, wenn auch noch so feine, Schreibspitze auf dem berussten Cylinder gezeichnete Linie, unter dem Mikroskop betrachtet, eine nicht ganz unbeträchtliche Breite, und es ist nicht mit Sicherheit vorauszusetzen, dass die wirkliche Bahn der Schreibspitze genau in die Mitte dieser Breite verlegt werden darf.

Wenn die vorstehend mitgetheilten experimentellen Untersuchungen eine in geometrischer Reihe stattfindende Abnahme der Stimmgabelschwingungen mit mathematischer Genauigkeit auch nicht ergeben haben, so ist die Abweichung

meiner Resultate von den der Theorie nach zu erwartenden doch eine so geringe, dass sie für den praktischen Zweck, den ich im Auge habe, für die Bestimmung der Hörschärfe Ohrenkranker nicht in Betracht kommt. Ist doch der Moment, in welchem der Ton einer ausklingenden Stimmgabel soeben verschwindet, so ausserordentlich schwer zu bestimmen, dass wenn auch der Kranke seine Aufmerksamkeit noch so sehr anspannt, wenn auch ferner alle Cautelen beobachtet werden, um Ermüdung oder Uebertäubung des zu untersuchenden Ohres zu vermeiden, dennoch die für die Perceptionsdauer mit ein und derselben Gabel gewonnenen Werthe bei öfterer Wiederholung der Messung so sehr von einander differiren, dass die geringen Unterschiede, welche zwischen den von mir gefundenen Schwingungsamplituden und den Gliedern einer geometrischen Reihe bestehen, bei dieser Art der Hörprüfung vernachlässigt werden können. Nehmen wir für die Amplituden eine $p^0/_0$ige Maximalabweichung von den entsprechenden Gliedern einer geometrischen Reihe an, so wird in der Reihe

$$\alpha \qquad \alpha \cdot \varepsilon \qquad \alpha \cdot \varepsilon^2 \ldots\ldots \alpha \cdot \varepsilon^n \ldots\ldots$$

wo α die Amplitude beim Anschlag der Gabel bedeutet, ein Glied $\alpha \cdot \varepsilon^n$, welches z. B. eine Vergrösserung von $p^0/_0$ erfährt, lauten:

$$\alpha \cdot \varepsilon^n \left(1 + \frac{p}{100}\right) = \alpha \cdot \varepsilon^x, \text{ woraus sich ergiebt:}$$

$$1 + \frac{p}{100} = \varepsilon^{x-n}$$

$$\log. \left(1 + \frac{p}{100}\right) = (x-n) \cdot \log. \varepsilon$$

$$x - n = \frac{\log. \left(1 + \frac{p}{100}\right)}{\log. \varepsilon}.$$

Es resultirt dann in der dieser Amplitude entsprechenden Hörzeit, die wir durch die Zahl der nach dem Anschlag der Gabel verflossenen Schwingungen ausdrücken können (durch n oder x), eine Schwankung von

$$x - n = \frac{\log. \left(1 + \frac{p}{100}\right)}{\log. \varepsilon} \text{ Schwingungszeiten}$$

oder in Rücksicht auf die Schwingungszahl der verwendeten Stimmgabel (128 v. d.) von

$$\frac{x-n}{128} = \frac{\log. \left(1 + \frac{p}{100}\right)}{128 \cdot \log. \varepsilon} \text{ Secunden.}$$

Nun betrug in unserem Falle die Abweichung der 9 kleinsten der beobachteten Werthe von den Gliedern einer geometrischen Reihe höchstens 2.6 $^0/_0$ (s. Tab. D), und das log. Decrement dieser Reihe war

$$\log. e = 0 \cdot 0005815, \text{ also } \log. \varepsilon = -0 \cdot 0005815.$$

Demnach würde $\frac{x-n}{128} = \frac{\log. 1 \cdot 026}{-128 \cdot 0 \cdot 0005815} = -0 \cdot 14977 =$ ca. $^1/_7$ Secunde sein.

Aus dieser Betrachtung folgt, dass die gefundene, in maximo 2.6 $^0/_0$ betragende, Abweichung der Schwingungsamplituden von den entsprechenden Gliedern einer geometrischen Reihe für die Berechnung der Hörschärfe aus der Percep-

tionsdauer in unserem Falle ausser Acht gelassen werden kann, wenn bei Bestimmung der letzteren ein plus oder minus von circa $^1/_7$ Secunde nicht in Betracht kommt. Da aber die Feststellung der Hörzeit Ohrenkranker durch sehr zahlreiche, hier nicht näher zu erörternde, störende Einflüsse beeinträchtigt wird, so dürfte eine Zunahme der Ungenauigkeit um $^1/_7$ Secunde ohne Belang sein. Für die Praxis können sogar aus dem eben angeführten Grunde auch die 3 grössten der gemessenen 12 Amplituden, welche ich vorher ausgeschlossen habe, zur Berechnung der Hörschärfe aus der Hörzeit vielleicht noch verwendet werden. Suchen wir nämlich diejenige geometrische Reihe auf, welche der Reihe sämmtlicher 12 Messungswerthe am nächsten kommt, so finden wir das logarithmische Decrement derselben = 0·0006306 und die maximale Abweichung beider Reihen = 8·6 $^0/_0$.

Hierfür ist

$$\frac{x-n}{128} = \frac{\log. 1 \cdot 086}{-128 \cdot 0.0006306} = \text{circa } {}^4/_9 \text{ Secunde,}$$

eine Grösse, welche bei der immerhin nur ungenau auszuführenden Bestimmung der Hörzeit Ohrenkranker wohl ebenfalls noch zu vernachlässigen sein dürfte.

Zum Schluss möchte ich noch erwähnen, dass ich seit einiger Zeit die in Rede stehende Frage auch in anderer Weise in Angriff genommen habe, indem ich die Schwingungen der Gabel beim Ausklingen in genau gleichen Zeitintervallen photographirte. Da diese Versuche zu einem völligen Abschluss noch nicht gelangt sind, so verzichte ich darauf, die Resultate derselben heute bereits mitzutheilen, erlaube mir indessen, den benutzten Apparat kurz zu erläutern.

An einer Zinke der im Uebrigen geschwärzten Gabel hatte ich ein minimales Quecksilbertröpfchen angebracht, welches durch Drummond'sches Kalklicht ausserordentlich hell beleuchtet wurde. Das Bild dieses leuchtenden Punktes wurde mit Hülfe eines Projectionsapparats, zu welchem ich die neuen Zeiss'schen apochromatischen Objective und Projectionsoculare benutzte, auf die lichtempfindliche Platte geworfen, sodass also bei der Schwingung der Stimmgabel eine feine Linie photographirt wurde, deren Länge die Amplitude in sehr erheblicher Vergrösserung darstellt. Zwischen Lichtquelle und Quecksilbertröpfchen wurde eine Vorrichtung eingeschaltet, welche den Zweck hatte, die Beleuchtung des letzteren abwechselnd zu gestatten und zu verhindern, so zwar, dass die Exposition der photographischen Platte, welche inzwischen entsprechend verschoben wurde, in genau gleichen Zeitintervallen stattfand. Die Auslösung dieses die Exposition regulirenden Apparats wurde auf elektromagnetischem Wege durch ein Pendel bewirkt, welches beim Durchgang durch seine Gleichgewichtslage einen Strom schloss. —

Es folgte die Demonstration mehrerer Photogramme und der benutzten Apparate.

XVIII. Sitzung am 29. Juli 1887.[1]

Hr. Dr. GEORG SANDMANN (a. G.) hielt den angekündigten Vortrag: „Ueber Athemreflexe von der Nasenschleimhaut".

[1] Ausgegeben am 15. August 1887.

Nach Beobachtungen von Voltolini, B. Fränkel, Hack u. a. ist ein Zusammenhang zwischen Erkrankungen der Nasenschleimhaut mit Anfällen von Asthma nervosum unzweifelhaft sichergestellt. Diese Anfälle sind dadurch charakterisirt, dass bei Tiefstand des Zwerchfells die Inspiration kurz und energisch vor sich geht, während die Exspiration auffallend lang und erschwert ist. Um eine Erklärung dieses Zusammenhanges zu geben, sahen Krause und andere sich genöthigt, auf die von der Nasenschleimhaut auszulösenden Stillstände der Athmung in Exspiration zu recurriren. Allein wenn diese auch die Verlangsamung der Exspiration erklären könnten, der Grund für den Tiefstand des Zwerchfells bleibt unklar. Dieser Stand der Dinge veranlasst mich, die nasalen Athemreflexe einer Revision zu unterziehen.

Ich habe die Untersuchung im hiesigen physiologischen Institut unter Leitung des Hrn. Dr. Gad ausgeführt, dem ich für die Förderung, die er meiner Arbeit durch Rath und That zu Theil werden liess, meinen wärmsten Dank ausspreche.

Jeder Eingriff in das Gebiet der Nase muss diese auch in ihrer Eigenschaft als Weg für die Athmungsluft berühren.

Bevor ich deshalb die auf Reflexen beruhenden Beziehungen zwischen Nase und Athmung studirte, wünschte ich, das rein mechanische Moment auszuschalten, d. h. festzustellen, inwieweit Stenosen der Nasenhöhle zu Aenderungen des Athmungsmechanismus Veranlassung geben.

Denn wiewohl das klinische Bild der Nasenstenose, die durch die mannigfaltigsten pathologischen Affectionen der Nase hervorgerufen wird, durch Kussmaul u. a. genügend beschrieben ist, so liegen Arbeiten, die experimentell die Frage in Angriff genommen hätten, bis jetzt nicht vor. Die eigenartigen Verhältnisse der Nasenathmung, für die vicariirend die Mundathmung eintreten kann, gestatten aber nicht, die Ergebnisse der Untersuchungen über Stenosen der tieferen Luftwege ohne weiteres auf sie zu übertragen.

Schon das einfachste Experiment, mit dem ich meine Untersuchungen begann: Tamponade beider Nasenhöhlen des Kaninchens durch Watte, beweist, dass der Verschluss der Nase für diese Thiere ein tiefer Eingriff ist, obwohl man vermuthen sollte, dass die Mundathmung den Bedürfnissen des Thieres genügte. Die Thiere starben innerhalb 4—8 Tagen, ohne dass man die entzündlichen Erscheinungen in der Nase in Folge der Tamponade für den Tod verantwortlich machen könnte.

Betrachten wir die Athmung der Thiere, so zeigt sich, dass dieselbe bei verstärkter Action der Athemmuskeln verlangsamt und vertieft ist: es ist das vollkommenste Bild der Stenosenathmung, obwohl das Thier sich der Mundathmung bedient. Nach den Untersuchungen von Metzger und Donders wird der Unterkiefer durch den Luftdruck am Oberkiefer festgehalten, wobei die Zunge dem harten Gaumen fest anliegt. Dasselbe ist beim Kaninchen der Fall. Die Folge davon ist, dass auch bei vicariirender Mundathmung die Zunge am Oberkiefer bleibt und sowohl bei der In- wie bei der Exspiration einen ventilartigen Abschluss bildet, der nur auf der Höhe der Ein- und der Ausathmung gesprengt wird, um der Luft den Durchtritt zu ermöglichen.

Diesen Verhältnissen analog sehen wir dieselben Vorgänge beim Neugeborenen und beim schlafenden Menschen, wenn die Nasenwege verlegt sind.

Um eine graphische Darstellung dieser Dinge zu geben, habe ich Kaninchen tracheotomirt und ihnen eine Trachealcanüle eingelegt. Das Thier wurde dann

in einen Kasten gebracht, der mit verschiebbarer und luftdicht verschliessbarer Seitenwand versehen war und dessen oberer Deckel von einem mit dem Innenraum communicirenden Rohr durchbohrt wurde.

Kopf und Hals des Thieres kam ausserhalb des hermetisch verschlossenen Kastens zu liegen, die Trachealcanüle wurde mit einem Tambour enrégistreur in Verbindung gesetzt, um den Seitendruck der Athmungsluft zu verzeichnen, während das Rohr mit dem Gad'schen Aëroplethysmographen verbunden wurde, um die Volumcurve der Athmung aufzuschreiben.

Es zeigte sich dann, dass bei verstopfter Nase, während die Volumcurve gar nicht von der normalen abweicht, die Druckschwankungen in den Athemwegen sehr beträchtlich werden. Während die normale Druck- und Volumcurve durch 1 und 2 auf S. 486 repraesentirt werden, nimmt die Druckcurve bei verstopfter Nase die Form von 3 an.

Und dementsprechend gestalten sich die Athmungsschwankungen des Blutdrucks excessiv. Bei normaler Athmung zeigen sie eine flache Wellenlinie (Curve 5). Bei verstopfter Nase geben sie die Curve 4.

Wenn wir demgemäss im Schlafe bei Menschen mit verstopfter Nase häufig momentane Dyspnöe eintreten sehen, so liegt die Erklärung hierfür in dem ventilartigen Verschluss durch die Zunge. Eine Erklärung für jene typischen Anfälle von Asthma ist durch das mechanische Moment nicht gegeben.

Wir kommen zu den nervösen Beziehungen der Nasenschleimhaut zur Athmung.

Die bisher bekannten typischen Athemreflexe sind das Niesen, der Nasenhusten, und der exspiratorische Athemstillstand; ich übergehe jene als solche, sehr deutlich erkennbaren, durch schmerzhafte Reizung auslösbaren Reflexe die sich bei nicht tracheotomirten Thiere als Schreie zu erkennen geben.

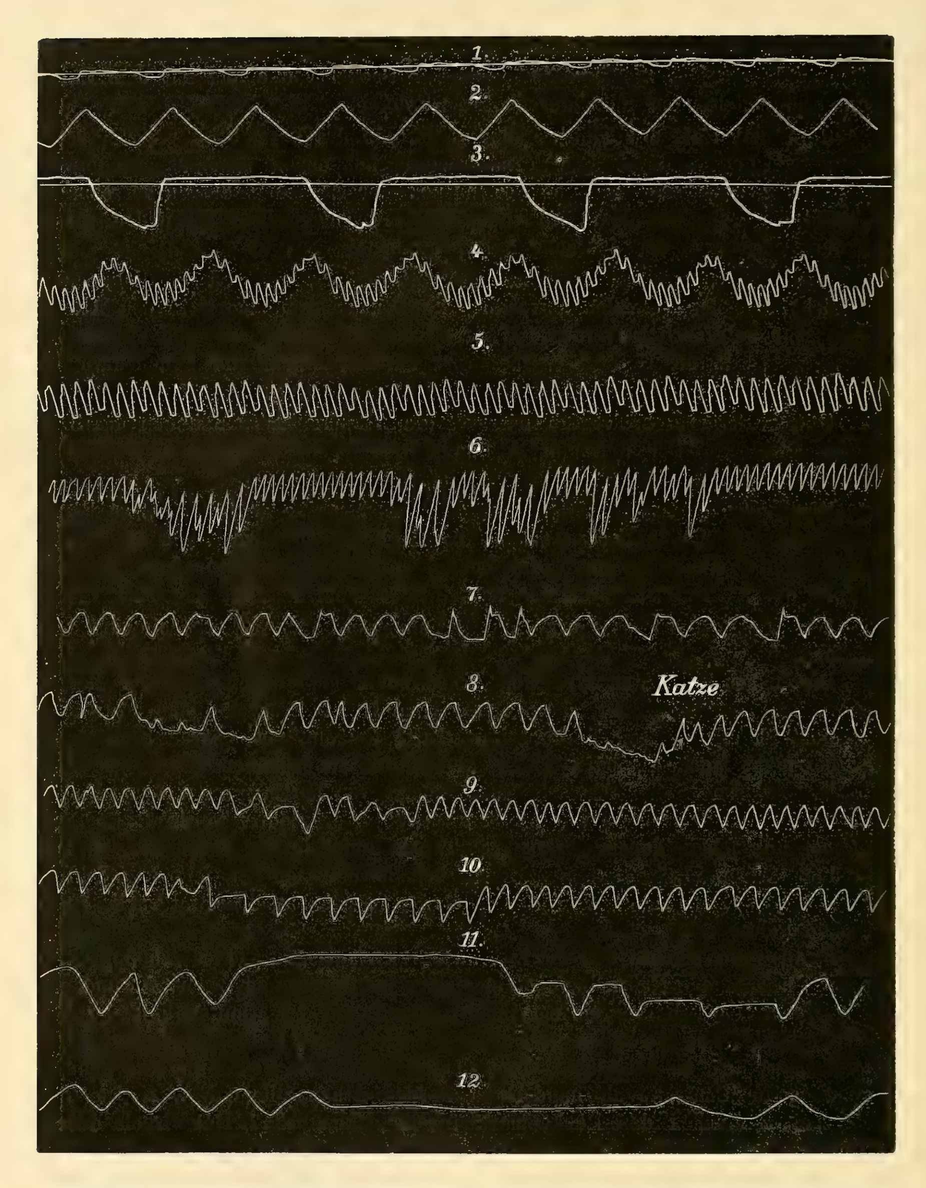
Der exspiratorische Athemstillstand, zuerst von Holmgren und von Falck beschrieben, ist besonders von Kratschmer näher studirt worden. Er fand, dass bei Kaninchen, denen er Gase wie Tabaksdampf in die Nase blies, ein anhaltender Athemstillstand in exspiratorischer Stellung eintritt, mit dem Schluss der Glottis, Herabsetzung der Pulsfrequenz und Steigen des Blutdrucks Hand in Hand geht.

Fredericq machte den dic Zweckmässigkeit dieses Reflexes schön illustrirenden Versuch, den Naseneingang einer Ente mit Wasser zu bespritzen und sah bei Fortdauer des Reizes einen Athemstillstand von 12 Minuten und darüber.

Gad und Wegele haben gezeigt und nach eigenen Untersuchungen bin ich in der Lage, dies zu bestätigen, dass es sich bei diesem Reflex um eine genuine Hemmung im Centralorgan handelt; denn der Athemstillstand tritt auch ein, wenn bei Kaninchen das Rückenmark in der Höhe des 7. Halswirbels durchschnitten und so die Exspirationsmusculatur ausgeschaltet wird.

Für diese Experimente benützte ich Kaninchen und Katzen, die ich durch eine subcutane Chloralinjection narkotisirte. Durch Controlversuche kam ich zu der Ueberzeugung, dass diese Reflexe durch den Chloralschlaf nicht beeinträchtigt werden. Znr graphischen Darstellung der Athmung bediente ich mich auch hier des Aëroplethysmographen, der mir für die Aufnahme der Volumcurve stets die besten Dienste leistete.

Ich habe die verschiedensten Reizmittel in Anwendung gezogen und dabei je nach der Art und Stärke des Reizes verschiedene Effecte gesehen.



1. Schwankungen des trachealen Druckes; 2. des Thoraxvolumens bei freier Nasenathmung; 3. Druckschwankungen bei Athmung mit verstopfter Nase; 4. Athemschwankungen des Blutdruckes bei verstopfter, 5. bei freier Nase; 6. Volumschwankungen des Thorax beim Niesen. 7. nach Durchschneidung beider Phrenici; 8 und 9 abortive Niesreflexe; 10. elektrische Phrenicusreizung; 11. Combination der exspiratorischen Hemmung mit inspiratorischer Vertiefung cei gleichzeitigem Kitzeln und Borsäureapplication; 12. Hemmung der Inspirationsphase durch Application von Ipecacuanhapulver auf die Nasenschleimhaut.

In Curve 4 und 5 bedeutet Sinken der Curve Steigerung des Blutdrucks.

Tabaksdampf giebt in der That den bezeichneten exspiratorischen Athemstillstand.

Bringt man jedoch weniger differente Reize auf die Nasenschleimhaut, z. B. Tragantschleim, Pflanzenpulver etc., so erhalten wir entweder nur eine Verlangsamung der betreffenden Athemphase oder bei etwas stärkerer Reizung zwar Stillstand, aber gerade in der Phase, in der sich die Athmung im Augenblick befindet, sei es nun In- oder Exspiration.

Curve 12 zeigt z. B. einen derartigen Stillstand von mittlerer Inspirationsstellung.

Von diesen Hemmungsreflexen völlig verschieden ist der Niesreflex, der durch Kitzelreize der Nasenschleimhaut hervorgerufen wird. Derselbe stellt sich nach Selbstbeobachtungen als eine tiefe Inspiration dar mit darauf folgendem Verschluss des Nasenrachenraumes durch das Gaumensegel und des Mundes durch Anlegen der Zunge an den harten Gaumen, worauf durch eine sich anschliessende Exspiration der Nasenrachenraum-Verschluss durchbrochen wird und die comprimirte Luft durch die Nase entweicht und so den reizenden Fremdkörper aus der Nase entfernt.

Auch an Thieren (Kaninchen und Katzen) habe ich den Niesreflex studirt, besonders letztere zeigen denselben in praegnanter Weise. Vermittelst des Plethysmographen habe ich an den Thieren die Volumcurve der Athmung genommen.

Kitzeln wir die Nasenschleimhaut mit einer Borste, so sehen wir in der Curve 6 als typisches Bild des Niesens eine verlängerte und vertiefte Inspiration, auf die dann die forcirte Exspiration folgt, einen Vorgang, der sich bei Wiederholung des Reizes häufig auch ohne diese mehrmals wiederholt.

Durchschneiden wir bei einem Kaninchen beide Phrenici, um die Thätigkeit des Zwerchfells auszuschalten, so erhalten wir bei Kitzelreizung der Nasenschleimhaut nicht dieses typische Bild, sondern eine Curve, die in der Inspirationsphase bis zur normalen Tiefe geht, dann eine Pause, selten nur eine noch weitere leichte Vertiefung, hierauf die active Exspiration. (Curve 7.)

Ein Vergleich dieser Curve mit der normalen gestattet den Schluss, dass zwar die ganze Inspirationsmusculatur an der das Niesen einleitenden Inspiration theilnimmt, dass jedoch das Zwerchfell in erster Linie dabei betheiligt ist. Es geht dies auch aus einem Versuch hervor, in dem ich das Rückenmark über dem 7. Halswirbel durchschnitten hatte. Hier trat, trotzdem die Thoraxmusculatur ausgeschaltet war, der inspiratorische Theil ebenfalls auf.

Stufen wir den allerdings nur sehr schwer zu dosirenden Kitzelreiz so ab, dass wir nur eine leichte Berührung der Nasenschleimhaut setzen, so tritt zwar ein inspiratorischer Effect ein, die forcirte Exspiration jedoch kann ausbleiben: wir haben es hier gewissermaassen mit einem abortiv verlaufenden Niesen zu thun.

Wir erhalten entweder einen directen Stillstand der Athmung in Inspiration, auf den sich ganz minimale Athemschwankungen aufsetzen können: diesen Reflex habe ich besonders deutlich bei der Katze gesehen, und zwar folgten auf eine einzige Berührung bisweilen 3—4 derartige, mehrere Secunden dauernde, Stillstände in Inspiration, unterbrochen von flachen Athmungen bei Tiefstand des Zwerchfells. (Curve 8.)

Oder wir erhalten eine Athmung, die bei Tiefstand des Zwerchfells vor sich geht (Curve 9), und die eine nicht zu verkennende Aehnlichkeit mit

der Athmung bei Tetanus des Diaphragma's (Curve 10) besitzt, welche letztere schon von Gad und von Knoll graphisch dargestellt ist.

Endlich habe ich bei Kitzeln der Nase und gleichzeitigem Bestreuen mit einer reizenden Substanz, wie Borsäure, Curven wie No. 11 erhalten, die eine Combination der inspiratorischen Vertiefung der Athmung mit intercurrirenden exspiratorischen Anstrengungen darstellen.

Dass an den einzelnen Exspirationen die Exspirationsmusculatur stark betheiligt ist, worüber der Anblick der Curve allein nicht Rechenschaft giebt, erkennt man leicht durch Inspection der Flanken des Thieres.

Weder beim Kaninchen, noch bei der Katze habe ich Husten von der Nase aus hervorrufen können.

Vergleichen wir beide Reflexactionen miteinander, so erkennen wir den Unterschied zwischen beiden in der Tiefe der Inspiration, die beim Husten weit geringer ist, ferner in dem zu sprengenden Verschluss, der beim Niesen durch das Gaumensegel, beim Husten durch die Glottis gebildet wird.

Bisher habe ich stets von der Reizung der Nasenschleimhaut *in toto* gesprochen. Nun lag es nahe, die Nasenschleimhaut freizulegen, um zu constatiren, ob von der ganzen oder nur einem Theil derselben die besprochenen Reflexe auszulösen sind.

Es gelingt dies bei dem Kaninchen sehr leicht, wenn man die Haut über dem Nasenrücken durchschneidet, zu beiden Seiten abpraeparirt, die Ossa nasalia, die leicht von der Schleimhaut abzulösen sind, entfernt und durch einen Längsschnitt die Höhle eröffnet.

Berühren wir die Schleimhaut, die jetzt frei vor uns liegt, mit einer Borste oder Federfahne, indem wir von hinten nach vorn vorgehen, so erkennen wir, dass ein Reflex auf die Athmung erst dann auszulösen ist, wenn wir bis in die Gegend des Naseneingangs gelangen. Diese abzutastende Reizzone beginnt etwa in der Gegend des vorderen Endes der unteren Muschel, die beim Kaninchen eine eigenthümliche Formation darbietet. Zu ihr gehört ferner die entsprechende Partie am Septum, sowie besonders am Nasendach und endlich am Boden der Nasenhöhle, doch ist hier die Reflexerregbarkeit schwächer. Von der Schleimhaut der Highmorshöhle sind Athemreflexe nicht auszulösen. Dieselbe Localisation lässt sich bei der Katze constatiren.

Wenn man bei Kaninchen die Reizzone exstirpirt, so sind die Athemreflexe nicht mehr auszulösen. Betrachten wir diese Region beim Kaninchen genauer, so fällt uns ein eigenthümlicher Wulst auf, ein Anhang des vorderen Endes der unteren Muschel, der, wie die mikroskopische Untersuchung lehrt, aus einem von drüsenreicher Schleimhaut bedeckten beweglichen Knorpel besteht, und der durch daran inserirende Muskeln der Nasenscheidewand genähert wird, wo eine Vertiefung die Stelle andeutet, in die der Wulst zu liegen kommt.

Wir finden also beim Kaninchen einen doppelten Verschlussmechanismus der Nasenhöhle, von denen der äussere durch die Nasenflügel, der innere durch diesen Wulst bewirkt wird.

Dass diese Partie der Nasenhöhle die Hauptschutzwehr für die tieferen Athmungswege bildet, beweist ferner der Umstand, dass Kitzelreize dieser Stelle eine profuse Secretion eines wasserklaren, fadenziehenden Schleimes hervorrufen, wie ich sie von anderen Partien der Nasenschleimhaut nicht beobachtet habe; auch die Thränensecretion wird von hier aus mächtig angeregt.

Tastversuche, die ich an einer Reihe von Menschen mit leichten Kitzelreizen durch Borstenberührung ausgeführt habe, belehrten mich, dass hier zwei Reizzonen existiren, von denen die vordere die Gegend der vorderen Enden der unteren und mittleren Muschel, sowie die entsprechende Partie des Septum einnimmt, während die hintere sich an den Choanen befindet und die hinteren Enden der unteren und mittleren Muschel und die entsprechenden Partien der Scheidewand umfasst.

Vergegenwärtigen wir uns die Innervation der Nasenschleimhaut, die durch den ersten und zweiten Quintusast geschieht, so springt in die Augen, dass die vordere Reizzone wesentlich vom N. ethmoidalis, einem Zweige des nasociliaris versorgt wird.

Nach Luschka gehen beim Menschen aus dem N. ethmoidalis zwei Zweige hervor, von welchen der Ramus medialis den vorderen Theil der Schleimhaut des Septum, der Ramus lateralis jenen Theil der Seitenwand versorgt, während der N. pterygo-palatinus des zweiten Quintusastes die Rami nasales posteriores zur Schleimhaut der Seitenwand hinter der oberen und mittleren Muschel, sowie zur Mucosa der unteren Muschel abgiebt, wo sie mit rücklaufenden Fäden des N. ethmoidalis lateralis in Verbindung treten, indessen der N. septi narium sich theils in der Schleimhaut, welche die Pflugschar bedeckt ausbreitet, theils durch den Canalis incisivus seinen Weg zur Papilla palatina fortsetzt.

Ich habe versucht, mir auch über die Bedeutung beider Quintus-Zweige für die nasalen Reflexe experimentelle Klarheit zu verschaffen. Betrachten wir beim Kaninchen und der Katze den Verlauf des N. ethmoidalis, so liegt es auf der Hand, dass der Punkt, von dem wir seiner am besten habhaft werden können, in der Augenhöhle liegt, wo er sich vom N. nasociliaris abzweigend, die Orbitalwand durchbohrt, um von dort in die Schädelhöhle und von da aus in die Nasenhöhle zu dringen.

Die Methode, die ich eingeschlagen habe, ist folgende:

Durch einen Hautschnitt längs des Os zygomaticum legte ich dieses frei, entfernte dasselbe und trennte das Auge aus seinen Conjunctivalverbindungen, um es nach der temporalen Seite zu drängen, am besten, nachdem vorher durch einen Cornealschnitt das Augeninnere entfernt ist. Jetzt hat man den N. ethmoidalis in einer Länge von ca. 1^{cm} frei vor sich und kann sein centrales Ende reizen. Ich benutzte als Versuchsthiere hierfür Katzen, da beim Kaninchen die Operation ausserordentlich blutig ist.

Reizt man den N. ethmoidalis mit Inductionsschlägen von mittlerer Stärke, so tritt prompt Niesen auf.

Dieses an und für sich schon bemerkenswerthe Factum gewinnt dadurch ein weiteres Interesse, als es zur Lösung der Streitfrage beiträgt, ob auf Reizung der Nervenstämme coordinirte Reflexe eintreten.

Für den Husten haben Rosenthal, Bidder und Nothnagel es geleugnet; auf Grund meiner Experimente am N. ethmoidalis bin ich jedoch geneigt, mich der entgegengesetzten Ansicht, die von Krimer, Cruveilhier, Romberg, Kohts und Kandarazki vertreten wird, anzuschliessen.

Bei Reizung des N. pterygopalatinus vom 2. Quintusast habe ich bei fünf Versuchsthieren nur zwei gefunden, bei denen ich auf elektrische Reisung Niesen und dies bei weitem schwächer erzielen konnte. Hiermit stimmt auch überein, dass bei durchschnittenem N. ethmoidalis kein oder nur schwacher Niesreflex zu erzielen ist.

Den Schluss, den diese Versuchsreihe gestattet, ist der, dass der N. ethmoidalis der Niesnerv κατ' ἐξοχήν ist.

Reizung des N. infraorbitalis bringt Stillstand der Athmung in In- oder Exspiration hervor; constant tritt dabei Lidschluss ein.

Resumiren wir noch einmal kurz die Ergebnisse unserer Untersuchung, so haben wir als sichergestellt zu betrachten:

1. Die bei Nasenstenose eintretende Mundathmung ist beim Neugeborenen, in späteren Jahren während des Schlafes und bei gewissen Thieren ebenfalls als stenotische Athmungsform zu betrachten und muss deshalb im Laufe der Zeit alle Folgen der Stenosenathmung, unter denen ich besonders das Emphysem hervorhebe, nach sich ziehen.

2. In der Nasenschleimhaut existiren bestimmte Reizzonen, von denen allein Athemreflexe auszulösen sind; beim Kaninchen und der Katze liegt eine solche am Naseneingang, beim Menschen am vorderen und hinteren Ende der mittleren und unteren Muscheln und den entsprechenden Partien des Septum.

3. Je nach der Art und der Stärke des Reizes erhalten wir Hemmungs- oder Niesreflexe: erstere äussern sich am schwächsten als Verlangsamung der Athemphasen, als Stillstand in einer derselben, als Stillstand in Exspiration bei stärkeren Reizen.

4. Der Niesreflex wird insbesondere durch den N. ethmoidalis vermittelt.

5. Der Niesreflex kann abortiv verlaufen, d. h. es tritt eine — oft verlängerte — Inspirationsstellung des Thorax ein, ohne dass die forcirte Exspiration zu folgen braucht.

Insbesondere die letzte Thatsache, dass von der Nasenschleimhaut auf geringfügige Reize, wie sie alltäglich unsere Nase treffen, Inspirationstetanus, insbesondere Zwerchfellkrampf auszulösen ist, erscheint für die Pathologie von hervorragender Wichtigkeit.

Denn während bis jetzt eine befriedigende Erklärung für jene als nasales Asthma bezeichneten Anfälle, die aus kurzen, jähen Inspirationen und langen und angestrengten Exspirationen bei Tiefstand des Zwerchfells bestehen, nicht zu geben war, liegt jetzt die Deutung dieser Zustände nahe, wenn wir jene auf Kitzelreize der Nase eintretenden Inspirationskrämpfe als physiologisches Prototyp des pathologischen Bildes betrachten (cfr. Curve 11).

Haben wir es mit Reizzuständen in der Nase zu thun, die Inspirationstetanus hervorrufen, so wird natürlich die Inspiration nur noch kurz und energisch vor sich gehen, die Exspiration aber dadurch, dass der fortdauernde Inspirationskrampf zu überwinden ist, eine stärkere Action der Exspirationsmusculatur erfordern: die Exspirationsphase wird angestrengt und verlängert sein.

Auch die Möglichkeit, dass Hemmungsreflexe von der Nase her die ohnehin schon gedehnte Exspiration noch mehr verlängern, ist nicht in Abrede zu stellen.

Diese Untersuchung liefert somit einen Beitrag zu der alten Streitfrage, ob das Asthma nervosum überhaupt, das ja von den verschiedensten Punkten des Körpers ausgelöst werden kann, auf Bronchialmuskelkrampf oder auf Zwerchfellkrampf zurückzuführen ist. Für das nasale Asthma wenigstens wird ein wesentliches Hervortreten des Zwerchfellkrampfes nicht geleugnet werden können.

Endlich lässt sich nicht übersehen, dass ausser in der Nasenstenose auch in Reizzuständen der Nase eine nicht von der Hand zu weisende Entstehungsursache für das seiner Aetiologie nach in vielen Fällen dunkle Volumen pul-

monum auctum liegt. Schon Voltolini hat auf einen Zusammenhang zwischen Emphysem und Nasenkrankheiten hingewiesen. Während bisher dem Husten eine wesentliche Rolle für die Entstehung des Emphysems zugeschrieben wurde, glaube ich, dass der — keineswegs so seltene — Niesreflex mit ebensoviel Berechtigung zur Erklärung der verminderten Lungenelasticität herangezogen werden kann. Denn da das Niesen mit einer weit tieferen Inspiration einsetzt, als der Husten, so ist das Volumen der zusammengepressten Luft ein grösseres und damit auch die dehnende Wirkung derselben stärker. Auch der tonische Zwerchfellkrampf wird zu einer solchen Dehnung der elastischen Lungenfasern beitragen können.

Ich behalte mir vor, an der Hand casuistischen Materials diese Verhältnisse eingehender zu erörtern.

In der Sitzung am 15. Juli hielt Hr. GOLDSCHEIDER den angekündigten Vortrag: „Ueber Ataxie und Muskelsinn."

Man ist sich darüber einig, dass Ataxie rein central durch Störungen im Bereiche der Coordinations-Centren veranlasst sein kann. Jedoch bezüglich der spinalen Ataxie stehen sich zwei Ansichten schroff gegenüber, von welchen die eine behauptet, dass es sich um Störungen innerhalb der sensiblen Leitungsbahnen handelt (Leyden), die andere, dass gewisse centrifugalleitende Coordinationsfasern, welche ad hoc supponirt werden, lädirt seien (Erb, Friedreich). Jedoch geben auch die Gegner der Leyden'schen Theorie zu, dass die Herleitung der Ataxie aus Sensibilitätsstörungen plausibel sei; nur spreche die Casuistik dagegen, da einmal Fälle bekannt sind, wo trotz ausgebreiteter absoluter Anaesthesie keine Ataxie bestand, und ferner solche, wo spinale Ataxie ohne nachweisbare Sensibilitätsstörungen vorlag. Die Frage spitzt sich auf die Beschaffenheit derjenigen Sphaere der Sensibilität zu, welche als Muskelsinn bezeichnet wird, ein Name, unter welchem gewöhnlich das Vermögen, passive und active Lageveränderungen wahrzunehmen, sowie die Empfindung der Schwere verstanden wird. Dass diese Dinge mit den Muskeln etwas zu thun hätten, wird durch den Nachweis sensibler Muskelnerven nicht im geringsten wahrscheinlicher, da letztere für die Ermüdungs- und Schmerzempfindung und das überhaupt zweifellos vorhandene Gemeingefühl der Muskeln in Anspruch zu nehmen sind.

Um der Frage näher zu treten, ob der sogenannte Muskelsinn auf den bewegenden Nerven-Muskel-Apparat oder auf das bewegte Glied zurückzuführen ist, müsste man die Sensibilität des letzteren aufheben können. Ich habe als einziges Mittel, einen Finger einigermaassen unempfindlich zu machen, den secundären Inductionsstrom gefunden. Indem derselbe die sensiblen Nerven sehr stark erregt, vermindert er ihr Leitungsvermögen für die auf ihre Endigungen einwirkenden Reize. Der vom faradischen Strome durchflossene Finger fühlt bei genügender Stärke desselben Berührungen gar nicht, sondern erst stärkeren Druck; die Empfindlichkeit für faradocutane Reizung ist erheblich herabgesetzt; Gewichte und Gewichtsunterschiede werden sehr schlecht empfunden; befestigt man an dem Finger eine Sonde, so zeigt sich beim Tasten mittelst derselben das sonst so überaus feine Widerstandsgefühl derartig herabgesetzt, dass man nicht unterscheiden kann, ob die Sondenspitze sich in der Luft bewegt oder auf den Tisch aufstösst; endlich ist sowohl die Wahrnehmung

passiver Bewegungen des Fingers wie das Lagegefühl bedeutend abgestumpft. Daraus geht hervor, dass für den sogenannten Muskelsinn die Sensibilität des bewegten Gliedes von hervorragender Bedeutung ist. Für das Vermögen, passive Bewegungen wahrzunehmen, scheint dieselbe ganz allein maassgebend zu sein. Dies Vermögen bildet zweifellos die Grundlage aller Erscheinungen des Muskelsinns; auch für die Schätzung von Gewichten, da doch das Ueberwinden derselben sich kaum auf andere Weise kenntlich machen kann als durch die Wahrnehmung der Bewegung des hebenden Gliedes. Die Grenzen der Fähigkeit passive Lageveränderungen wahrzunehmen, wurden in folgender Weise bestimmt: Der mit seiner ersten Phalange auf einer Gypsform fixirte linke Zeigefinger trägt eine über die beiden letzten Phalangen geschobene dicke Gummihülse; letztere ist an einem Bande befestigt, welches von einer sehr beweglichen Rolle herabhängt; diese trägt auf der anderen Seite ein Wägebrettchen. Nach genauer Equilibirung werden passive Bewegungen des Fingers im 1. Interphalangeal-Gelenk dadurch hervorgerufen, dass von einem Gehülfen kleine Gewichte aufgesetzt und abgehoben werden. Ein mit dem Bande verbundener Schreibhebel überträgt die Ausschläge auf eine berusste Trommel. Als durchschnittliche Werthe der zu einer eben merklichen Bewegungsempfindung nothwendigen Gelenkdrehung wurden in den verschiedenen Versuchsreihen Winkel von 54′—46′ 12″—42′ 36″ gefunden. Wurde der Finger vom faradischen Strome durchflossen, so stiegen diese Werthe für schwachen Strom auf 1° 33′ 36″, für mässigen Strom auf 2° 36″, für starken Strom auf 3° 49′ 48″. Die Verschlechterung war am bedeutendsten, wenn die eine Elektrode unmittelbar oberhalb des zu bewegenden Gelenkes lag, viel geringer, wenn sie unterhalb desselben applicirt war und nur angedeutet, wenn der Strom bloss peripher vom Gelenk, also von der Fingerspitze bis zur Basis der mittleren Phalange, kreiste. Die Bedeutung der centripetalen Eindrücke, speciell von Seiten der Gelenknerven, für die Wahrnehmung passiver Lageveränderungen dürfte hieraus hervorgehen.

Wenn man mit dem vom faradischen Strom durchflossenen Finger active Bewegungen vornimmt, so zeigen dieselben eine eigenthümliche Störung: sie können nämlich nicht mehr continuirlich und gleichmässig ausgeführt werden, sondern verlaufen abgesetzt und stossweise. Die graphische Darstellung dieser Verhältnisse geschah in folgender Weise: An den beiden letzten Phalangen wurde mittels Gummihülse ein aus zwei Halbrinnen von Rohr bestehendes Gestell befestigt, welches am anderen Ende ein Brettchen von der Form eines Kreis-Segments trug; die Krümmung des letzteren entsprach der Entfernung vom ersten Interphalangeal-Gelenk als Radius. An der gekrümmten Seite des Brettchens befand sich zugleich eine Rinne zur Aufnahme eines Fadens, welcher, unten am Holz befestigt, nach oben zu den Kreisbogen verliess und über eine Rolle ging, um auf der anderen Seite derselben ein Gewicht zu tragen. Letzteres bewegt sich vor einer berussten Trommel auf und nieder, auf welcher es mittels einer seitlich angebrachten Schreibfeder, welche durch einen Glasfaden an die Trommel leicht angedrückt wird, seine Eigenbewegungen verzeichnet. Die erste Phalange wird wieder auf der Gypsform fixirt. Behufs Durchleitung des Stromes werden Oblonge von Schwamm je um die Basis und das Ende der ersten Phalange gewickelt und mit Gummiringen befestigt. Führt man unter normalen Verhältnissen eine mässig langsame Flexion und Extension aus, so entsteht auf der rotirenden Trommel eine gleichmässig aufsteigende und

absteigende Linie, welche nur geringfügige Wellen zeigt. Sucht man eine ebensolche Bewegung bei mässig starkem Strom auszuführen, so zeigen sowohl der aufsteigende wie absteigende Theil der Curve eine Reihe grösserer und kleinerer verticaler oder nahezu verticaler Abschnitte. Zugleich ist diese Curve viel höher als die erstere, dagegen von viel geringerer zeitlicher Dauer des Verlaufs. Die Bewegung ist somit stossweise, excessiv in ihrer Ausdehnung, dabei schneller als die normale, erfolgt. Während der Ausführung dieser als „ataktisch“ zu bezeichnenden Bewegung hat man das Gefühl, eine vollkommen correcte und gleichmässige Bewegung zu vollführen und ist nur erstaunt über das schnelle Ende, welches dieselbe findet. Bei genügender Verstärkung des Stromes verschwinden die schrägen Partieen der Curve vollständig und entsteht eine völlig treppenartige Curve. Die gleichzeitige Betrachtung des Fingers mit dem Auge vermindert die Absätze etwas, hebt sie aber keineswegs auf, verlangsamt die Bewegung, sodass ihre Dauer ungefähr der normalen gleicht und reducirt auch ihre Höhe auf die normale. Man kann ferner eine gewisse Einwirkung auf die Bewegung ausüben durch das Maass von Aufmerksamkeit, welche man der Empfindung der Fortbewegung zuwendet. Macht man letztere zur Grundlage für die Controle der Bewegung, derart dass man dasselbe Bewegungsgefühl im Finger zu haben wünscht wie unter normalen Verhältnissen, so treten die Absätze und die excessive Höhe sehr stark in die Erscheinung. Sucht man jedoch von diesem Bewegungsgefühl möglichst zu abstrahiren und die Stärke sowie den zeitlichen Ablauf der Innervationen gewissermaassen nach der Erinnerung zu reproduciren, so werden die Absätze vermindert, die Dauer und Excursion der Bewegung nähern sich der normalen. Dies gelingt am besten bei langsamen Bewegungen. Jedoch verschwinden die Absätze eben so wenig als bei Controle durch den Gesichtssinn.

Diese Erscheinungen sind nicht auf Erregung von Muskeln durch Stromschleifen oder Reflex zurückzuführen, da bei den angewendeten Stromstärken der Stromschluss keinerlei zuckende Bewegung des in ruhiger, leicht gekrümmter Haltung befindlichen Fingers producirte, vielmehr die Absätze durchaus erst bei Bewegungen auftreten. Die durch den faradischen Strom entstehenden perversen Sensationen können ebenfalls nicht als Ursache der Coordinationsstörung betrachtet werden, da letztere bei schwächeren Strömen, welche schon ein recht lebhaftes Kriebeln und Wogen verursachen, noch nicht deutlich hervortreten, sondern erst bei denjenigen Stromstärken, welche die Sensibilität in oben geschilderter Weise herabsetzen. Die Abstumpfung der Sensibilität dürfte daher die wesentliche Ursache der Bewegungsstörung bilden und zwar in der Hauptsache die Herabsetzung des Gefühls von den Lageveränderungen des Fingers. Die durch letztere hervorgerufenen Eindrücke dürften bestimmend sein, sowohl für das Maass der die Bewegung abstufenden antagonistischen Widerstandsleistung wie für die im weiteren Fortgang der Bewegung auszulösende Folge von Muskel-Synergieen. Eine Verschiebung des Schwellenwerthes dieser Erregungen wird zur Folge haben, dass die Gelenkexcursionen eine abnorme Grösse haben müssen, um eine zur Auslösung der eben bezeichneten coordinatorischen Vorgänge hinreichende Erregung zu veranlassen, während unter normalen Verhältnissen die Schwelle so tief liegt, dass der Anschein einer wirklich continuirlichen Bewegung entsteht. Möglicher Weise spielt noch die Herabsetzung der Sensibilität in den Sehnen bei diesen Erscheinungen eine Rolle.

Während die unter der Schwelle des Bewusstseins vor sich gehenden Co-

ordinationen durch die Störung im Bereich der controlirenden Apparate fehlerhaft werden, gehen dem Sensorium Bewegungs-Eindrücke zu, welche ebenso merklich sein können als unter normalen Verhältnissen, wenn die Excursionen in entsprechender Weise vergrössert sind. Daraus erklärt sich, dass die Richtung der Aufmerksamkeit auf die Bewegungsempfindung einen üblen Einfluss auf die Bewegung ausübt. Ein völliger Verzicht auf die controlirenden centripetalen Eindrücke ist offenbar unmöglich, so lange letztere überhaupt noch zu Stande kommen. In den klinischen Fällen von absoluter Anaesthesie dagegen ist ein Anlass zu falschen Coordinationen für das Coordinations-Centrum nicht vorhanden, da demselben eben gar keine Bewegungseindrücke mehr zugehen, sondern vicariirend solche des Gesichtssinns u. s. w. Die klinische Prüfung der Wahrnehmung passiver Bewegungen in der üblichen Weise kann der Feinheit der in Betracht kommenden Veränderungen gegenüber nicht als genügend erscheinen. Hiernach sind die Einwürfe gegen die Leyden'sche Theorie der Ataxie zu beurtheilen.

Die Arbeiten wurden in der unter Leitung des Hrn. Dr. Gad, welchem ich für zahlreiche Rathschläge zu Dank verpflichtet bin, stehenden Abtheilung des hiesigen physiologischen Institutes ausgeführt.

In der Sitzung am 29. Juli 1887 erhielt Herr Dr. Gad das Wort, um an Stelle des verreisten Mitgliedes Hrn. Goldscheider folgenden Nachtrag zum Vortrage vom 15. Juli 1887 zu verlesen:

Bezüglich der in der Discussion angeregten Frage, ob die von mir geschilderte stossweise Bewegung des Halbfingers als ataktische zu bezeichnen ist, habe ich hinzuzufügen, dass ich — unter gütiger Vermittlung von Hrn. Oppenheim — zwei Frauen mit ausgesprochener Ataxie der Hände habe untersuchen können, welche beide unter den angegebenen Versuchsbedingungen genau eben solche stossweisen Bewegungen mit dem Halbfinger ausführten, wie ich sie beschrieben hatte. Graphische Aufzeichnungen konnten aus äusseren Gründen noch nicht vorgenommen werden.

Zur Frage der normalen Albuminurie, nebst Bemerkungen über eine Modification der Biuretprobe.

Von

Dr. med. et phil. C. Posner.

(Aus dem Laboratorium der Dr. Lassar'schen Privatklinik zu Berlin.[1])

Eine Reihe von Untersuchungen, über welche ich zuerst vor ca. zwei Jahren in der Berliner medicinischen Gesellschaft berichtete, hatte in mir die Ueberzeugung erweckt, dass jeder normale Urin Spuren eines Eiweisskörpers enthalte, die man mittelst genügend feiner Methoden nachzuweisen vermag.[2] Diese Resultate sind seither mehrseitig — so namentlich in einer unter Senator's Leitung gearbeiteten Dissertation von G. Duden[3] bestätigt worden: jeder in entsprechender Weise behandelte Harn liess, mehr oder weniger ausgeprägt, aber stets zweifellos, die von mir angegebenen Reactionen erkennen.

In jüngster Zeit hat nun Leube, dem wir ja so viel Anregung und Förderung in der Frage der physiologischen Albuminurie verdanken, diesen Verhältnissen gegenüber Stellung genommen.[4] Es ist ihm gelungen, noch auf eine neue Methode — durch Einengung im Vacuum — das Eiweiss des normalen Harnes nachzuweisen, und ich würde seine Mittheilungen in jeder Hinsicht als Bestätigung meiner Befunde ansehen können, enthielten sie nicht auch Bericht über einen negativen Ausfall eines Versuches:

---

[1] Nach einem in der physiologischen Gesellschaft zu Berlin am 21. October 1887 gehaltenen Vortrage.

[2] Vergl. *Berliner klinische Wochenschrift.* 1885. Nr. 41 und Virchow's *Archiv.* 1886. Bd. CIV.

[3] *Ueber physiologische Albuminurie.* Inauguraldissertation. Berlin 1886.

[4] *Zeitschrift für klinische Medicin.* Bd. XI. 2.

bei einem völlig gesunden Knaben liess sich, trotz mehrmaliger Wiederholung, nie eine Spur einer Reaction erhalten. Diess wäre, soweit mir bekannt, der erste Fall, der gegen die absolute Normalität der Eiweissausscheidung Zeugniss ablegte; und Leube zieht aus ihm die Folgerung, dass bei manchen Harnen, wie es schiene speciell von gesunden Kindern, das Eiweiss fehlen könne.

Ich habe es darauf hin für erforderlich gehalten, bei einigen Kindern, bei denen thatsächlich nicht der geringste Anhalt für irgend welche Erkrankung vorlag, die Untersuchung in der früher von mir angegebenen Weise vorzunehmen; und kann nur kurz sagen, dass ich bei allen (sieben) bisher untersuchten Kindern, die im Alter von 10 Monaten bis 12 Jahren standen, positive, mitunter sogar exquisit deutliche Reactionen erhalten habe. Der Mangel an normalem Harneiweiss ist daher keinenfalls ein Attribut des Kinderharnes — was ja auch mit Rücksicht auf die allseitig anerkannte physiologische Albuminurie der Neugeborenen ziemlich unverständlich wäre.

Es bleibt allerdings die Frage bestehen, warum in Leube's Fall die Reactionen ausblieben: ich möchte vermuthen, dass es sich um einen sehr diluirten Harn gehandelt habe, bei dem ja natürlich der Nachweis überaus erschwert sein kann — unsere allerfeinsten Reactionen haben doch schliesslich eine Grenze, an welcher sie versagen. —

Ich erlaube mir hier noch kurz die Bemerkung anzuschliessen, dass ich neuerdings auch bei Kranken mein Augenmerk auf diese Dinge gerichtet und in einer Reihe von Fällen (Syphilis, Diabetes mellitus, Neurasthenie) die gleichen positiven Reactionen erhalten habe.

Die von mir angewandten Untersuchungsmethoden bestanden auch jetzt im wesentlichen darin, dass ich den Urin mit Alkohol ausfällte, den Niederschlag mit Wasser auswusch und dann in Essigsäure löste: namentlich lässt sich auf diese Weise die so beweiskräftige Reaction mit Ferrocyankalium leicht und sicher anstellen. Obwohl ich nun dieses Verfahren für vollkommen ausreichend erachte, um die Eiweissnatur des fraglichen Körpers zu erweisen, so habe ich mich doch bemüht, den Kreis der hier in Betracht kommenden Proben nach Möglichkeit zu erweitern. Dass ich u. A. mit der von Leo Liebermann jüngst angegebenen Prüfung mittelst kochender Salzsäure positive Resultate erhalten, habe ich an anderem Orte bereits erwähnt.[1] Mehr Werth aber möchte ich auf eine Modification der Biuretprobe legen, durch welche ich diese Reaction zu

[1] *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.* 1887. Nr. 23.

einer bisher nicht erreichten Schärfe und Sicherheit gebracht zu haben glaube.

Bekanntlich beruht die Schwierigkeit bei der Anstellung dieser Probe in der Auffindung der richtigen Menge zuzusetzender Kupfersulfatlösung. Ein kleines Plus derselben genügt oft, das charakteristische Violett in ein schmutziges Graublau zu verwandeln, und selbst Geübtere können auf diese Weise leicht den kurzen Moment der eigentlichen Reaction übersehen. Im genuinen Harn erschwert zudem dessen Eigenfarbe die Erkennung der typischen Farbenumwandlung so sehr, dass man z. B. bei Hofmeister's Methode zum Nachweis der Peptonurie sich desselben gar nicht bedient. Aller dieser Schwierigkeiten wird man nun sehr leicht Herr, wenn man nicht, wie dies die Vorschrift ist, die Kupferlösung der alkalisirten Untersuchungsflüssigkeit zuträufelt und unter fortdauerndem Umschütteln beobachtet — sondern indem man die letztere im Reagensglase mit der höchst verdünnten (fast wasserhellen) Kupferlösung überschichtet.[1] Enthält sie Pepton, so sieht man schon in der Kälte — enthält sie Eiweiss, nach vorherigem Erhitzen — an der Berührungsstelle der beiden Flüssigkeiten einen schön rothvioletten Ring, je nach der Stärke der Reaction mehr oder weniger breit und mehr oder minder intensiv gefärbt. Die violette Farbe setzt sich — und darauf beruht der Vortheil dieses Verfahrens — mit einer erstaunlichen Schärfe nach oben und unten hin ab; die Farbenschichten liegen in der Reihenfolge:

hellblau,
blaugrün,
violett,
gelb.

Ein leichtes Bewegen des Glases macht die Reaction noch deutlicher, — durch starkes Schütteln kann sie natürlich verloren gehen. Während sonst mit der Biuretprobe nur $^1/_{1000}$—$^1/_{2000}$ Pepton sicher erkennbar ist, habe ich auf diese Weise noch bei einer Verdünnung $^1/_{5000}$ deutliche Resultate erhalten. Man kann sich in dieser Art sowohl über den Pepton-, resp. Propeptongehalt eines Harnes rasch und sicher orientiren, als auch, was ich hier besonders betonen wollte, an der alkalischen Lösung des Alkoholniederschlages das Eiweiss des normalen Urins aufs deutlichste demonstriren.

[2] Ich bewirke das Ueberschichten sehr bequem, indem ich durch einen kleinen Trichter die Kupferlösung hinzufiltrire und langsam an der Wand des Reagensglases hinablaufen lasse. Die Menge der zufliessenden Kupferlösung ist dabei ganz gleichgültig.

Ueber die centrifugalen Nerven des Herzens.

Von

Dr. J. P. Pawlow,
Privat-Docenten der Physiologie an der medicinischen Akademie zu St. Petersburg.[1]

(Aus dem Laboratorium des Hrn. Prof. S. P. Botkin.)

(Hierzu Taf. VII—VIII.)

Bereits 1869 wurde dank der aus dem Laboratorium des Hrn. Prof. Ludwig hervorgegangenen Arbeit Coat's[2] festgestellt, dass beim Frosche der Vagus nicht bloss Verlangsamung des Rhythmus, sondern auch Abnahme der Contractionsstärke bedinge, wobei letztere zuweilen ohne jede Veränderung des Rhythmus stattfinden könne. Diese Angaben wurden in späterer Zeit durch die Untersuchungen von Gaskell[3] und Heidenhain[4] noch ergänzt. Letztere fanden nämlich, dass beim Frosche unter gewissen Bedingungen nach Vagusreizung nicht bloss eine Abnahme, sondern auch Steigerung der Contractionsstärke und zwar ebenfalls ohne gleichzeitige Pulsveränderung stattfinden könne.

Vorliegende Arbeit, die von mir gegen Ende des Sommers 1882 in Angriff genommen wurde, hatte zur Aufgabe die experimentelle Bearbeitung der Frage, ob nicht die Einwirkung auf die Stärke und den Rhythmus der Herzcontractionen von verschiedenen Nervenfasern ausgehe, im Gegensatz zu der fast allgemein angenommenen Ansicht, dass solches verschiedene Wirkungsseiten derselben Fasern seien.

---

[1] Das Manuscript dieser Arbeit war bereits 1884 druckfertig, doch verzögerte sich der Druck derselben aus von mir ganz unabhängigen äusseren Gründen.

[2] *Arbeiten aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.* 1869.

[3] *Proceedings of the Royal Society.* 1881. Nr. 217.

[4] Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1882. Bd. XXVI.

Als Anstoss zur vorliegenden Arbeit diente unsere frühere Untersuchung „Ueber den Vagus, als Regulator des allgemeinen Blutdruckes".[1] Bei dieser Untersuchung haben wir gefunden, dass in Folge von Dyspnoe, Apnoe, Transfusion und Blutentziehung, natürlich wenn sie einen gewissen Grad nicht überschreiten, der mittlere Blutdruck nur dann von der Norm bedeutend abweicht, wenn die Vagi anatomisch oder physiologisch gelähmt sind. Der Verlauf der Pulsveränderungen überzeugte uns, dass die Hauptbasis einer solchen Regulation nicht in den verlangsamenden Fasern des Vagus zu suchen sei. Die Absicht, alle hierbei betheiligten Elemente zu eruiren, führte zu einer Reihe von Versuchen, um ein genaues Verhältniss zwischen der Verlangsamung der Herzcontractionen, in Folge von Reizung der verlangsamenden Fasern, und der Höhe des Blutdruckes festzustellen. Wider Erwarten ergab sich hier kein einfaches Verhältniss. Bald sieht man bei sehr unbedeutender oder sogar gar nicht eintretender Verlangsamung den Druck sinken, in anderen Fällen bleibt selbst eine bedeutende Verlangsamung ohne jeglichen Einfluss auf die Blutdruckhöhe u. s. w. Diese eigenen Beobachtungen, sowie die oben angeführten Beobachtungen anderer Autoren waren es, welche uns zur Aufstellung der hier zu betrachtenden Frage bewegten.

Ich halte es für angemessen, gerade mit diesen vorläufigen Versuchen zu beginnen, da die Zusammenstellung solcher Versuche zu dem bezeichneten Zwecke, soweit mir bekannt, von Niemanden gemacht worden ist.

I.

Fast alle unsere Versuche, mit sehr wenigen Ausnahmen, wurden an Hunden angestellt. Die Thiere wurden in den zunächst angeführten Versuchen grösstentheils curarisirt. Rechts wurden durchschnitten: der N. vagosympathicus und N. laryngeus inferior am Halse, und in der Brusthöhle: nochmals N. vagus oberhalb der Ausgangsstelle seiner Pulmonaläste und die Ansa Vienssenii; linkerseits: der N. vagosympathicus und N. laryngeus inferior am Halse. Mit dem Manometer wurde fast immer die rechte Art. cruralis verbunden. Fast alle manometrischen Versuche sind mit Hülfe des alten Ludwig'schen Kymographions ausgeführt. Dasselbe hatte eine Vorrichtung für das endlose Papier. Zugleich mit der Druckcurve wurde auf dem Papier auch die Zeit mittels eines Elektromagnetes und Metronoms registrirt. Die künstliche Athmung wurde ebenfalls nach dem Metronom (30 Athmungen in der Minute) ausgeführt. Sowohl Anfang als Ende der Reizung wurden vom Assistenten auf dem Papier mit der Hand

[1] *Wöchentliche klinische Zeitschrift.* Herausgegeben von Prof. Botkin. 1883. (Russisch).

notirt. Zur Reizung diente du Bois-Reymond's Schlitteninductorium, mit einem Grenet'schen Elemente mittlerer Grösse im primären Kreise. Der mittlere Druck wurde in den nächstfolgenden Versuchen mit Hülfe des Planimeters von Amsler, in den ferneren aber, in welchen das Thier mittelst Durchschneidung des Rückenmarkes regungslos gemacht wurde, fanden wir in Anbetracht der grossen Regelmässigkeit der Curve die Methode der Ordinaten vollkommen genügend.

Bei Reizung der verlangsamenden Fasern (des peripherischen Stumpfes des Vagosympathicus am Halse) waren die Veränderungen im Drucke so mannigfaltig, dass das an sieben Thieren erhaltene Material keine einzige vollkommen strenge Regelmässigkeit aufwies in Bezug auf das gegenseitige Verhältniss zwischen der Höhe des Blutdruckes und dem durch die eine oder andere Reizung des Vagus bedingten Rhythmus. Daher müssen wir uns darauf beschränken, Beispiele verschiedenen Verhaltens anzuführen.

a) Bedeutende Verlangsamung hat bei verschiedenen Ausgangshöhen kein Sinken des Blutdruckes zur Folge, in einigen Fällen combinirt sich mit der Pulsverlangsamung selbst Steigerung des Druckes.

Das Thier ist für den Versuch, wie oben angegeben, vorbereitet.

	Mittlerer Druck während 30″.	Zahl der Herzschläge in 10″.
	Vor Curarevergiftung.	
	150 mm	15
	Curare.	
15′ später	144	32
	Reizung des Vagus.	Rollenabstand 8 cm.
	152	20
	150	25
	Ende der Reizung.	
	151	30
4′ später	153	33
	145	34
	149	33
	Reizung des Vagus.	Rollenabstand 7·5 cm.
	147	13
	157	19
	Ende der Reizung.	
	153	36
3′ später	143	33
	143	33
	Reizung des Vagus.	Rollenabstand 7 cm.
	143	10
	146	16

Ende der Reizung.

	162	34
3′ später	139	34
	146	34

Reizung des Vagus. Rollenabstand 6·5 cm.

	106	5
	157	11

Ende der Reizung.

	150	36
3′ später	133	34
	139	34

Reizung des Vagus. Rollenabstand 7 cm.

	139	10
	138	14

Ende der Reizung.

	140	36

Curare hinzugefügt.

20′ später	70	29
	70	29

Reizung des Vagus. Rollenabstand 6 cm.

	69	16
	69	20

Ende der Reizung.

	71	30
3′ später	71	28
	70	28

Reizung des Vagus. Rollenabstand 5 cm.

	66	13
	70	20

Ende der Reizung.

	70	30
	70	30
10′ später	62	30
	63	30

Reizung des Vagus. Rollenabstand 4 cm.

	63	12
	60	21

Ende der Reizung.

	63	30
3′ später	55	31
	55	31

Reizung des Vagus. Rollenabstand 4 cm.

53	10
52	20
Ende der Reizung.	
50	29

b) Bei minimaler Verlangsamung, oder ohne jede Verlangsamung tritt eine deutliche Senkung und Verflachung der Curve ein.

Das Thier, wie oben beschrieben, zum Versuch vorbereitet. Ausserdem noch der Oesophagus exstirpirt.

	Druck in 10″.	Zahl der Herzschläge in 10″.
Ausgeprägte Wellen dritter Art	108	31
	106	31
	104	31
Reizung des Vagus. Rollenabstand 12 cm.		
Keine Wellen	94	30
	88	30
Ende der Reizung.		
Von Neuem Wellen	98	30
	97	31
5′ später	68	30
	68	30
	68	30
Reizung des Vagus. Rollenabstand 11 cm.		
	60	28
Ende der Reizung		
	62	29
	63	29
	62	29

c) Bei kurzdauernder Reizung Herzstillstand und Sinken des Blutdruckes. Nach Einstellung der Reizung sofortiges Steigen des Blutdruckes, letzterer erreicht jedoch nicht die Norm, sondern erhält sich eine ziemlich geraume Zeit unter derselben bei normalem oder fast normalem Rhythmus.

Das Thier ist nicht durch Curare, sondern mittels Durchschneidung des Rückenmarkes ohne vorläufige Narkose unbeweglich gemacht, der Oesophagus exstirpirt, das Uebrige wie oben beschrieben.

Blutdruck in 10″	Zahl der Herzschläge 10″
92	20
92	20
92	20

Reizung des Vagus. Rollenabstand 8 cm. Während 3″.
Das Herz schlägt nicht. Der Blutdruck auf 50 gesunken. Ende der Reizung

	80	20
	80	20
	89	20
	90	20
10′ später	72	22
	71	22
	72	22

Reizung des Vagus. Rollenabstand 8 cm. Während 3″.
Das Herz schlägt nicht. Der Blutdruck auf 40 mm gesunken. Ende der Reizung.

65	21
68	21
72	21

d) In einigen Versuchen verliefen Verlangsamung des Rhythmus und Senkung der Blutdruckhöhe mehr oder weniger parallel, doch kamen auch in diesen praegnante Abweichungen vor. So schien es, dass jede wiederholte Verabreichung von Curare die depressorische Wirkung der Verlangsamung abschwächt.

Diese Mannigfaltigkeit im gegenseitigen Verhalten, welche bei mehr oder weniger einfachen Bedingungen beobachtet wurde, liess es interessant erscheinen, dieses Verhalten bei complicirteren Bedingungen zu betrachten. Wir verweilten etwas bei dem Effecte der Vagusreizung während der Erstickung. Hier einige der interessanten Fälle solcher Art.

a) Hatte der Druck bei der Erstickung die Maximalhöhe erreicht und wenigstens eine Zeit lang keine Tendenz zu weiterem Steigen gezeigt, so bedingte manchmal die Reizung des Vagus ein weiteres Steigen des Blutdruckes, welches sich in der Nachwirkungsperiode der Reizung offenbarte.

Das Thier wie gewöhnlich zum Versuch vorbereitet.

Blutdruck in 10″	Zahl der Herzschläge in 10″
60	28

Einstellung der künstlichen Respiration. 30″ später steigt der Druck auf

140	28
146	27
150	27
150	27

Reizung des Vagus. Rollenabstand 7 cm.

150	$9^1/_2$

Ende der Reizung.

174 24
170 26
Reizung des Vagus. Rollenabstand 7 cm.
170 9
Ende der Reizung.
200 25
190 24
185 24
Reizung des Vagus. Rollenabstand 7 cm.
165 10
Ende der Reizung
210 24
200 24

b) Beginnt der Druck gegen Ende der Erstickung nach erreichtem Maximum zu sinken, so kann man durch Reizung des Vagus manchmal den Blutdruck während einer mehr oder weniger langen Zeit auf einer gewissen Höhe erhalten. Solches geht entweder so vor sich, dass der bei Beginn der Reizung bis auf eine gewisse Höhe gesunkene Druck während der ganzen Dauer der Reizung auf dieser Höhe stehen bleibt, oder aber von Anfang an ohne bemerkbares Sinken der Druck sich auf einer gewissen Höhe erhält. Manchmal wird in Folge der Vagusreizung zugleich mit einer bedeutenden Verlangsamung sogar sehr starke Blutdrucksteigerung wahrgenommen. (Taf. VII, Figg. 1 u. 2.)

Das Thier wie gewöhnlich zum Versuch vorbereitet, künstliche Athmung eingestellt.

Der Druck stieg auf 190 Zahl der Herzschläge in 10″
in 10″ auf 170 gesunken 38
Reizung des Vagus. Rollenabstand 8 cm. Während 10″.
173 21
Ende der Reizung
in 10″ auf 135 gesunken 35
Reizung des Vagus. Rollenabstand 8 cm. Während 10″.
140 17
Ende der Reizung.
in 10″ auf 115 gesunken 30
Reizung des Vagus. Rollenabstand 8 cm. Während 10″.
115 13
Ende der Reizung
in 10″ auf 90 gesunken 30
Reizung des Vagus. Rollenabstand 8 cm. Während 10″.

94	12
Ende der Reizung.	
in 15″ auf 67 gesunken	24
Reizung des Vagus. Rollenabstand 8 cm.	Während 10″.
auf 64 gesunken	12
Ende der Reizung	
in 10″ auf 50 gesunken	23

Die angeführten Beispiele haben es ausser allen Zweifel gestellt, dass zwischen der durch Vagusreizung erhaltenen Verlangsamung der Herzschläge einerseits und der Blutdruckhöhe andererseits gar keine constanten Verhältnisse bestehen. Bei unserer Versuchsanordnung erscheint es daher am natürlichsten,[1] dieses Missverhältniss darauf zu beziehen, dass der Vagus eine nicht parallele doppelte Wirkung auf den Rhythmus und die Kraft der Herzcontractionen ausübe — wie solches bereits am Frosche bewiesen worden.

Bei den Versuchen zog folgender Nebenumstand die Aufmerksamkeit auf sich. Die nach einer 1 bis 2 Minuten andauernden Vagusreizung eintretende Erschöpfung des hemmenden Apparates offenbart sich in drei verschiedenen Formen. Die gewöhnlichste ist eine allgemeine Pulsbeschleunigung trotz der fortdauernden Reizung. Je einmal kamen jedoch folgende Fälle vor: die Verlangsamung wurde in der Folge periodisch, in anderem Falle ging der Rhythmus jäh aus einem langsamen in einen beschleunigteren über. Sind dies wirklich verschiedene Arten der Erschöpfung, so kann man nicht umhin, eine Aehnlichkeit zu finden zwischen der Erschöpfung des hemmenden Apparates und derjenigen des motorischen, wie solches am Froschherzen beobachtet wird.

II.

Unsere Hypothese über besondere schwächende und verstärkende Herznerven kann offenbar auf zweierlei Art geprüft werden: auf pharmakologischem und auf anatomischem Wege. Giebt es erstens solche Substanzen, welche die eine Wirkungsweise der Herznerven paralysirend, die andere intact lassen? Sind nicht, zweitens, unter den kleinen Endzweigen der Herznerven besondere schwächende und besondere verstärkende Zweige vorhanden?

In ersterer Hinsicht benutzte ich eine von Dr. Bogojavlensky bei seinem Studium über die pharmakologische Wirkungsweise der Convallaria majalis gemachte Beobachtung, dass nämlich in einer gewissen Phase der

---

[1] Natürlich muss die genaue Analyse der vorgeführten Thatsachen eine specielle Aufgabe ausmachen.

Vergiftung mit Maiglöckchentinctur die Reizung des peripherischen Stumpfes des N. vagosympathicus am Halse, ohne den Rhythmus zu verändern, ein Senken und Abflachen der Curve bedingt. Wir setzten daher voraus, dass vielleicht die Convallaria majalis gerade das Mittel sei, um eine Trennung der verlangsamenden Herzfasern von den hypothetischen schwächenden zu erreichen. Daher diente unsere erste Versuchsreihe der Prüfung und Analyse der erwähnten Beobachtung Dr. Bogojavlensky's.

Da wir über die Thätigkeit des Herzens nur nach den Angaben des Manometers urtheilten, so mussten wir uns in unseren Versuchen sowohl vor jeder Beeinflussung des vasculären Nervensystems, als auch vor irgend welcher mechanischen Einwirkung der benachbarten Organe auf das Herz vollkommen sicher stellen. Ersteres wurde durch verschiedenartige Nervendurchschneidungen erzielt, wie solches bereits beschrieben. In einigen Versuchen wurde der grösseren Sicherheit wegen das Rückenmark durchschnitten. Der Einfluss der Lungen wurde ausser der entsprechenden Vagusdurchschneidung auch theoretisch ausgeschlossen, auf Grund der Versuche Lichtheim's,[1] wonach Occlusion von $^3/_4$ des Lungenkreislaufes ohne jeglichen Einfluss auf den Aortendruck bleibt. Was unsere Versuche anbetrifft, so konnte es bei den ungünstigsten Voraussetzungen nie zu einer solchen Verengerung der Gefässe kommen. Da endlich die Separirung aller Oesophaguszweige fast unmöglich, der Oesophagus aber ein sehr bewegliches und starkes Organ bildet, so wurde in einigen Versuchen der Controle wegen der Oesophagus exstirpirt. Wirkten wir bei einer solchen Versuchsanordnung durch Vagusreizung nur auf das Herz allein, so musste jede Abweichung in der Blutdruckhöhe ohne Veränderung des Rhythmus nothwendiger Weise auf die Veränderung der Stärke der Herzcontractionen bezogen werden.

Bei Reizung des Vagosympathicus eines durch Convallaria majalis vergifteten Thieres wird Folgendes beobachtet: 1) ein mehr oder weniger deutliches Sinken des Blutdruckes und 2) Verflachung der Curve, Verschwinden aller Wellen mit Ausnahme der Herz- und Respirationswellen. Sowohl das Eine, als auch das Andere ist sowohl dem Grade als auch verschiedenen Besonderheiten nach in verschiedenen Versuchen höchst mannigfaltig. Sobald der Druck nach Vergiftung mit Convallaria majalis zu steigen beginnt, tritt bald in Folge von Vagusreizung Blutdruckabnahme ein, fast ohne bemerkbare Veränderung des Pulses. Geschieht die Vagusreizung im Maximum der Blutdrucksteigerung, so tritt die Senkung plötzlich, momentan ein, mit dem Beginn der Reizung zusammenfallend. Die sofort erreichte Minimalhöhe bleibt während der ganzen Dauer der Reizung

[1] *Die Störungen des Lungenkreislaufes* u. s. w. 1876.

unverändert. Bei Einstellung der Reizung steigt der Druck fast ebenso rasch bis zur früheren Höhe, übersteigt dieselbe sogar gewöhnlich. Dieser Vorgang wird in der Mehrzahl der Fälle beobachtet, zuweilen aber geht die Blutdruckabnahme bei der Reizung etwas langsamer von statten. Gewöhnlich sind, wenn der Blutdruck in Folge der Vergiftung das Maximum erreicht hat, die verlangsamenden Fasern noch nicht vollständig gelähmt, sodass bei genauer Messung sich in Folge der Reizung eine unbedeutende Verlangsamung erweist. Doch verlaufen die Verlangsamung und Blutdruckabnahme durchaus nicht parallel; nach aufgehobener Reizung verschwindet die Verlangsamung allmählich, der Blutdruck dagegen steigt, wie schon erwähnt, momentan. Später, sobald (in Folge der Vergiftung) der hohe Blutdruck zu sinken beginnt, geschieht die durch Vagusreizung, welche jetzt keine Verlangsamung mehr nach sich führt, bedingte Druckabnahme sehr allmählich und dauert während der ganzen Zeit der Reizung. Fast beständig wird beobachtet, dass im Moment der Einstellung der Reizung rasch eine bedeutende, wenngleich nur kurzdauernde Vertiefung der Druckcurve eintritt. In vielen Fällen kann man sich überzeugen, dass der in Folge der Vagusreizung eingetretene niedrige Druck in mehr oder weniger bedeutendem Grade beständig anhält. Manchmal schien es, dass die Reizung des nicht mehr verlangsamenden Vagus mit tödtlichem Herzstillstande in Folge starker Vergiftung zusammenfiel. — Die Druckabnahme in Folge der Vagusreizung ist fast immer mit Verflachung der Curve verbunden; nur in Ausnahmefällen bleibt die Curve trotz dem Sinken unregelmässig. Was den Grad der Druckabnahme anbetrifft, so ist letztere in verschiedenen Fällen sehr verschieden, zuweilen sehr unbedeutend. In letzteren Fällen besteht der Haupteffect der Vagusreizung in dem Verschwinden der Wellen dritter Art. Diese Wellen weisen einen sehr verschiedenen Charakter auf. Gewöhnlich, sobald nur der Blutdruck nach der durch Convallariavergiftung erzielten maximalen Höhe zu sinken beginnt, kommen grösstentheils neue, sehr unregelmässige Wellen an der Curve zum Vorschein. Diese Wellen gehen zeitweise in vollkommen regelmässige über, nämlich in sogenannte Traube'sche Wellen. Alle angegebene verschiedenartige Wellen verschwinden nach der Vagusreizung spurlos. Die Verflachung der Curve fällt in der grössten Mehrzahl der Fälle höchst prägnant mit dem Momente der Reizung zusammen; nur in seltenen Fällen vergehen 2—5″ bevor die Curve sich verflacht. Nach eingestellter Reizung geht das Wiedererscheinen der Wellen in höchst verschiedener Weise vor sich. Zuweilen scheint es, als ob die Wellen das Ende der Reizung erwarten, dieselben erheben sich sogleich nach Einstellung der Reizung. In anderen Fällen vergehen zehn und mehr Secunden, sogar Minuten, bevor die Curve von Neuem ihren complicirten, wellenartigen Charakter erhält.

Was das gegenseitige Verhalten der beiden hier betrachteten Effecte anbetrifft, so scheint es, dass die Verflachung fast ohne irgend welche Senkung einer stärkeren Vergiftung entspricht.

Ich führe das Protocoll eines Versuches und einer Curve (Taf. VII, Fig. 3) an.

Das Thier mit Curare vergiftet, die gewöhnlichen Durchschneidungen der Nerven ausgeführt.

Blutdruck in 10″.	Zahl der Herzschläge in 10″.
113	29
110	29

Reizung des Vagus. Rollenabstand 9^{cm}.

85	7

Ende der Reizung.

in 7″ auf 200 gestiegen, während 1′ auf 130 gesunken.

3^{ccm} Tincturae Convallaria majalis eingespritzt.

Während 2′ stieg der Blutdruck auf:

244	36

Reizung des Vagus. Rollenabstand 9^{cm}.

224	32

Ende der Reizung.

Die früher regelmässige Curve zeigt jetzt verschiedene Wellen dritter Art	250	36
	250	39
	250	39

Reizung des Vagus. Rollenabstand 9^{cm}.

225	35

Ende der Reizung.

260	39

In 3′ sank der Druck auf:

190	34

Reizung des Vagus. Rollenabstand 9^{cm}.

165	33 (?)

Das Blut gerinnt, die Herzschläge undeutlich, die Curve auf 3′ unterbrochen.

167	40
167	40

Reizung des Vagus. Rollenabstand 9^{cm}.

148	40

Ende der Reizung.

154	40
152	40
150	40

Reizung des Vagus.	Rollenabstand 8 cm.
135	40
130	40
Ende der Reizung.	
136	40
132	40
130	40
Reizung des Vagus.	Rollenabstand 8 cm.
115	40
115	40
Ende der Reizung.	
127	40
126	39
124	39
Reizung des Vagus.	Rollenabstand 8 cm.
110	39
106	39
Ende der Reizung.	
123	—
117	—
116	—
112	—

In Anbetracht der Versuchsbedingungen müssen wir die beschriebenen Erscheinungen der Wirkung der centrifugalen Herznervenfasern zuschreiben analog derjenigen Wirkung, welche für den Vagus des Frosches schon längst bekannt ist. Doch was sind es für Fasern? Wir hielten uns für berechtigt anzunehmen, dass dies eine von den verlangsamenden ganz verschiedene Art Fasern sei, weil die von den Forschern für das Verständniss ähnlicher Thatsachen am Froschvagus gegebene Erklärung auf unsere Versuche nicht anwendbar ist. Wie kann man sich in der That mit der Erklärung zufrieden geben, dass die Kraftabnahme der Contractionen die Wirkung derselben verlangsamenden Fasern sei, und dass wir es in diesem Falle mit einer gewissen Veränderung ihrer Erregbarkeit zu thun haben, sodass sich bei der Reizung nur die eine Wirkungsweise offenbare! Woher bleibt die Erregbarkeit gerade auf dieser, so zu sagen qualitativen Stufe stehen? Zweitens müsste man der Analogie mit anderen Nerven nach erwarten, dass im Verlaufe des Experimentes dieser Rest der Erregbarkeit entweder vollkommen verschwinden, oder aber die Erregbarkeit zur Norm zurückkehren werde. Indessen bleibt diese, der Voraussetzung nach vorübergehende Stufe trotz der starken und häufigen Reizungen zuweilen während einer ganzen Stunde unverändert bestehen.

Volle Beweiskraft erhalten unsere Folgerungen bei der Combination dieser Versuche mit nach der zweiten, oben genannten Methode ausgeführten Experimenten.

III.

Die Versuchsanordnung zum Zwecke der Ermittelung der Herznervenäste des Vagus ist fast dieselbe, wie die der früheren. Das Thier wurde gleichfalls entweder mittelst Curare oder Rückenmarksdurchschneidung regungslos gemacht, zuweilen der Oesophagus exstirpirt u. s. w. Die Herznervenästchen wurden immer an der rechten Seite praeparirt, zu welchem Zwecke die entsprechenden arteriellen und venösen Gefässe des Foramen thoracicum unterbunden und die Brusthöhle von der zweiten bis zur vierten Rippe blossgelegt wurde. Bei dieser Gelegenheit seien noch einige praktische Bemerkungen hinzugefügt. Damit das Herz nicht an Kraft abnehme und der Blutdruck sich lange auf einer bedeutenden Höhe erhalte, ist es zweckmässig nach Oeffnen der Brusthöhle während des weiteren Operirens ein- oder zweimal die Brusthöhle auf 5—10′ zu verdecken, um solcherart das Herz allmählich an die neuen Bedingungen zu gewöhnen. Zweitens schien es, dass an sehr kalten Tagen des überhaupt höchst strengen Winters, in dem viele von meinen Versuchen angestellt wurden, direct von aussen kommende Hunde zu unseren Versuchen nicht taugten. Sie verendeten entweder nach Durchschneidung des Rückenmarkes und Eröffnung des Brustkastens oder wiesen verschiedene unangenehme Erscheinungen auf: einen sehr niedrigen Druck, periodische Herzthätigkeit, Lähmung der Herznerven. Diese Thatsache erinnert sehr an die Beobachtung von Gaule[1] an Froschherzen. Um diesen Umstand zu vermeiden stellten wir uns als Regel, das Thier einen Tag lang vor dem Experimente in einem warmen Locale unterzubringen — und danach ging es mit den Versuchen besser. Bei Beobachtung der erwähnten Vorsichtsmassregeln gelingt es bei vollständig offener Brusthöhle während 2—4 Stunden am Herzen und den Lungen zu arbeiten, wobei der Druck in der Aorta bis zu Ende auf 40—70 ^{mm} sich erhält.

Ich halte es für nothwendig bei der anatomischen Vertheilung der Aeste länger zu verweilen. Alle Herzfasern des Vagus im Gebiete des unteren Halsganglions und niedriger kann man in Form von zwei Gruppen darstellen: einer äusseren und einer inneren.

Die innere Gruppe. Vom Ganglion selbst (nicht constant) geht ein Ast mittlerer Dicke ab (einige feinere sich in den Wandungen grosser Arterienstämme verlierende Aestchen haben zum Herzen keine Beziehung);

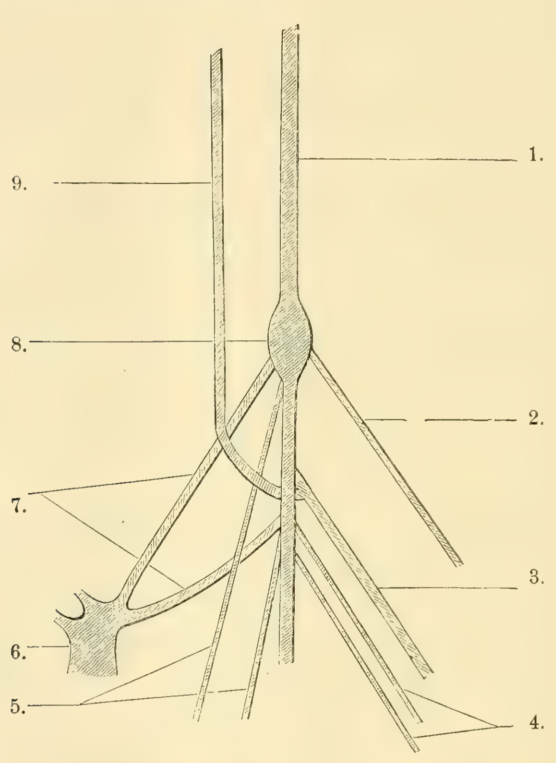
---

[1] *Dies Archiv.* 1878.

wir wollen ihn den oberen inneren nennen. 1—$1^1/_2$ cm unterhalb des Ganglions entspringen grösstentheils neben einander zwei dicke Aeste: der eine ist der N. laryng. inferior, den anderen nenne ich den inneren starken Ast. Diesen letzteren kann man leicht bis zu seinen letzten Verzweigungen verfolgen. Er verläuft hinter der V. cava superior, perforirt das Pericardium, geht ferner der Aorta ascendens parallel, durchkreuzt die Pulmonalarterie und ist mit dieser durch lockeres Bindegewebe verbunden. Auf der Pulmonalarterie liegend, erscheint er in Form eines Fächers sehr feiner Verzweigungen, oder als zwei bis drei ziemlich dicke Aestchen. Weiter biegen diese Aeste unter die Arterie ab, umziehen deren Basis an der Innenseite und gelangen zur Basis des linken und rechten Ventrikels an dem vorderen Sulcus longitudinalis. Hier verbreiten sie sich längs der Vorderfläche der Ventrikel, wobei viele Verzweigungen über die Hälfte der Ventrikellänge leicht verfolgt werden können. Zuweilen ist dieser starke Zweig an der Ausgangsstelle mit dem N. laryng. inferior eng verbunden; in diesem Falle theilt sich von dem gemeinsamen Stamme auf der Höhe der Art. subclavia der N. laryng. ab, während ein bedeutender Theil des Stammes in der Richtung zum Herzen verläuft. In einigen Fällen zerfällt der starke Zweig an der Ursprungsstelle in zwei bis drei feine Aestchen. Unterhalb der beschriebenen dickeren Aeste nehmen zwei bis drei und mehr feinere Aestchen ihren Anfang. Diese wollen wir als untere innere benennen.

An der Aussenseite bemerkt man, wie bekannt, vor Allem zwei dicke Aeste: einen oberen — vom Ganglion entspringenden (der obere Zweig der Ansa Vieussenii) und einen unteren — $1^1/_2$—2 cm niedriger gelegenen (der untere Zweig derselben Ansa). Unterhalb eines jeden dieser Zweige entspringt vom N. vagus in der Richtung zum Herzen je ein ziemlich dicker oder je ein Bündel feinerer Aestchen (äussere Aeste). Zuweilen ist der äussere obere Ast so eng mit dem Vagus verbunden, dass man ihn abpraepariren muss. In einigen Fällen nimmt er statt der äusseren eine mehr vordere Lage ein und nähert sich den inneren Aestchen. Auch die Lage des unteren äusseren Astes variirt; in manchen Fällen entsteht derselbe auf folgende eigene Art: von dem unteren Zweige der Ansa Vieussenii 1—3 mm vor deren Verbindung mit dem Vagusstamme entspringt ein ziemlich dicker Ast; letzterer hat unweit seiner Ausgangsstelle eine Art Ganglion, von welchem nach unten zum Herzen hin zwei bis drei Aestchen ihren Anfang nehmen. Die äusseren Aeste verlaufen in der Richtung zur V. cava superior und verlieren sich oft schon in den Wandungen derselben. — Natürlich ist auch diese Beschreibung eine nur annähernde, denn in Wirklichkeit bestehen sehr grosse Variationen. Die Zahl der Aestchen kann bei fleissigem Praepariren selbst bis auf 20 gebracht werden.

Doch ist solch ein Zertheilen nicht immer zweckmässig, denn je grösser die Zahl der Aeste, desto feiner sind dieselben und desto eher können sie bei der Praeparation so sehr alterirt werden, dass sie zum Experimentiren untauglich werden. Die beschriebenen Aeste haben, wie aus weiteren Versuchen folgt, ziemlich bestimmte beständige Functionen, und schien es mir immer, dass eine vollständige Praeparation derselben bis zum Herzen ein fruchtbares Thema abgeben müsste.



1. N. vagosympathicus.
2. Der obere innere Zweig.
3. Der starke innere Zweig.
4. Die unteren inneren Zweige.
5. Die oberen und unteren äusseren Zweige.
6. Ganglion stellatum.
7. Ansa Vieussenii.
8. Ganglion cervicale inferius.
9. N. laryngeus inferior.

Der Deutlichkeit wegen gebe ich hier eine schematische Abbildung der Herznervenzweige auf der rechten Seite des Thieres.

Bei Reizungen der Herzäste sind Elektroden von folgender Einrichtung sehr bequem. Durch ein Hartkautschukstäbchen, welches gegen das Ende sich verengert, sind zwei auf 2 bis 3 mm von einander abstehende Drähtchen gezogen, 5 mm vom Ende hat das Stäbchen eine bis zur halben Dicke

dringende Querfalte, aus deren Boden die zwei Drähtchen hervorragen. Die Spalte ist $1^2/_2$ bis 2^{mm} breit. Indem wir den zu reizenden Nervenzweig in die Spalte legen, vermeiden wir sehr gut die Gefahr, nächstliegende Aeste zu reizen.

Von den an genannten Aesten angestellten Versuchen zeichnen sich in Hinsicht auf die hier behandelte Hypothese folgende durch besondere Beweiskraft aus.

Am normalen, nicht vergifteten Thiere verlangsamen einige Aestchen die Herzthätigkeit in mehr oder weniger praegnanter Weise; nach Convallariavergiftung indessen bewirken nur einige derselben Druckabnahme oder Abflachen der Curve, andere Aestchen dagegen üben gar keine Wirkung aus. Sehr oft kommt die bedeutendste depressorische Wirkung der anatomisch bestimmten Einheit, dem starken inneren Zweige zu, welcher vor der Convallariavergiftung die Herzschläge nur sehr wenig verlangsamte. Leider ist die Convallaria majalis in diesen Versuchen bei Weitem kein sicheres Mittel. Während in den Versuchen mit der Halsvagusreizung die schwächenden Fasern sehr leicht mit Hülfe der Convallaria isolirt werden, d. h. die lähmende Wirkung der Convallaria mehr oder weniger genau auf die verlangsamenden Fasern beschränkt ist, verbreitet sich hier, bei Thieren mit blossgelegten Herzen, die Lähmung sehr rasch auf alle Herzfasern, selbst auf die beschleunigenden. Die Verminderung der Dose aber zieht ein anderes Uebel nach sich — das rasche Vorübergehen der Vergiftung. In Folge dessen werden nur in seltenen Fällen taugliche Resultate erhalten.

Das Thier mit Curare vergiftet, der Oesophagus exstirpirt. Gewisse Nerven durchschnitten. Gereizt werden drei Zweige: Nr. 1 der starke innere Zweig, Nr. 2 und 3 die inneren unteren, ziemlich feinen Zweige. Der Blutdruck 50^{mm}. Zahl der Herzschläge in 10″ 29. Reizung von Nr. 2 und 3 bei Rollenabstand von 8^{cm} hatte sofort Herzstillstand zur Folge, Nr. 1 verlangsamte bloss die Herzschläge um einen Schlag in 10″. — 3′ später verlangsamte die Reizung von Nr. 1 bei Rollenabstand von 7^{cm} die Herzschläge um zwei Schläge in 10″. Sodann werden $2^1/_2$ ^{ccm} Tincturae Convallariae majalis, zur Hälfte mit Wasser verdünnt, eingespritzt. Nach 30″ beginnt der Blutdruck zu steigen, 2′ später erreicht derselbe 150^{mm}; doch hier gerinnt das Blut und die Curve wird auf 3′ unterbrochen.

	Druck in 30″.	Zahl der Herzschläge in 10″.
hohe Traube'sche Wellen	115	30
Reizung Nr. 3. Rollenabstand 8^{cm}.		
	108	30
Ende der Reizung.		
	113	30

Reizung Nr. 1. Rollenabstand 8 cm.	
Allmähliches Sinken bis 80	30
Ende der Reizung.	
105	30
110	30
5′ später 105	30
108	29
Reizung Nr. 3. Rollenabstand 8 cm.	
105	28
Ende der Reizung.	
108	31
Reizung Nr. 2. Rollenabstand 8 cm.	
106	27
Ende der Reizung.	
107	31
Reizung Nr. 1. Rollenabstand 8 cm.	
92	29
Ende der Reizung.	
100	29
107	31
107	32
Unterbrechung der Curve auf 12′.	
68	27
Reizung Nr. 3. Rollenabstand 7 cm.	
68	23
Ende der Reizung.	
68	28
Reizung Nr. 1. Rollenabstand 7·5 cm.	
71	26
Ende der Reizung.	
70	27

5′ später wird bei demselben Druck noch 2 ccm Tinct. Convallariae majalis injicirt. Nach 1′ stieg der Druck auf 120 mm und bleibt während 50″ auf derselben Höhe stehen, hohe und lange Traube'sche Wellen zeigend.

120	28
Reizung Nr. 1. Rollenabstand 7·5 cm.	
sinkt allmählich bis 65	28
Ende der Reizung.	

Auf dieser Höhe bleibt der Druck bis zu Ende des Versuches stehen. Dieser Versuch verdient eine eingehendere Betrachtung.

Durch drei Unterbrechungen wird der Versuch in vier Abtheilungen getheilt. In der ersten senkt Nr. 3 den Druck um 6 %, Nr. 1 um 30 % wobei beide den Rhythmus nicht verändern. In der zweiten zeigt sich bei der Reizung schon wieder eine unbedeutende Verlangsamung und zugleich Schwächung der depressorischen Wirkung. In der dritten beeinflussen die Zweige die Blutdruckhöhe gar nicht; ihr verlangsamender Effect ist dagegen noch mehr gewachsen. In der vierten bewirkt Nr. 1 nach einer neuen Vergiftung mit Convallaria ohne jegliche Veränderung des Rhythmus eine bedeutende beständige Druckabnahme. — Solcher Art erweist es sich, dass der depressorische Effect der Zweige nach der Vergiftung mit der Zeit abnimmt, endlich ganz verschwindet; mit besagter Abnahme geht die Verstärkung ihres verlangsamenden Effectes Hand in Hand. Bei einer nochmaligen Vergiftung kehrte die depressorische Wirkung zurück, die verlangsamende verschwand dagegen. Betrachtet man den Zustand der verlangsamenden Fasern als Indicator des Vergiftungsgrades, so kann man also sagen, dass der depressorische Effect der Nervenäste in gewissen Grenzen desto stärker ist, je bedeutender die Vergiftung und umgekehrt. Auf die Frage: weshalb das so sei? kann man zwei Erklärungen geben. Entweder verändert sich bei der Vergiftung das Herz selbst und wird gegen den schwächenden Einfluss sensibler, oder es existiren für die schwächenden Fasern Antagonisten, welche durch die Convallaria gelähmt werden. Auf Grund von Versuchen, von welchen weiter unten die Rede sein wird, muss erstere Erklärung angenommen werden.

Wir besitzen noch einige solcher Versuche, doch theilen sie alle mit dem ersten den gemeinsamen Fehler: sie werden nicht ruhig und ohne gehörige Zwischenräume zwischen den Reizungen ausgeführt, in der Absicht, der endlichen Lähmung aller Nerven oder dem Verschwinden der Vergiftung zuvorzukommen.

Den angeführten Resultaten analoge kommen, wenn auch seltener, auch bei Atropinvergiftung vor.

Man kann nicht umhin zuzugeben, dass die Form der eben beschriebenen Versuche jeden Verdacht vollständig beseitigt, als seien die eine Druckabnahme bewirkenden und verlangsamenden Fasern ein und dieselben, bloss in verschiedenen Graden der Reizbarkeit. Obwohl es uns nicht gelungen war, reine schwächende Aestchen zu finden (das Aestchen, in welchem häufiger und in der grössten Zahl schwächende Fasern vorkommen, enthält, wenn auch zuweilen in unbedeutender Anzahl, auch verlangsamende und accelerirende Elemente), so kommen dennoch bei normalen Thieren, d. h. ohne jegliche Vergiftung, solche Combinationen von Fasern vor, welche ihrerseits gute Beweise zu Gunsten der Lehre von besonderen schwächenden Fasern liefern.

Das Thier durch Durchschneidung des Rückenmarks ohne jegliche vorläufige Narkose bewegungslos gemacht; die gewöhnlichen Nervendurchschneidungen ausgeführt; der starke innere Zweig abpraeparirt und gereizt.

Druck in 2″.	Zahl der Herzschläge in 2″.
52	4
52	4
52	4
52	4
52	4
Reizung. Rollenabstand 8 cm.	
50	$3^1/_2$
48	$3^1/_2$
56	4
$45^1/_2$	5
45	5
45	5
$44^1/_2$	5
44	5
44	$4^1/_2$
44	$4^1/_2$
Ende der Reizung.	
47	4
49	4
50	4
51	4

Es ist augenscheinlich, dass der angegebene Ast sowohl verlangsamende als auch beschleunigende Fasern nur in sehr geringer Anzahl enthält, sodass sowohl die einen als auch die anderen schon während der Reizung mehr oder weniger gelähmt werden, während die Druckabnahme, ungeachtet der entgegengesetzten Schwankungen des Rhythmus, ganz allmählich und unabhängig vor sich geht.

Indem wir den Abschnitt über die schwächenden Herznerven schliessen, müssen wir gestehen, dass unsere darauf bezüglichen Experimente noch manches zu wünschen übrig lassen. Leider konnte ein idealer Versuch (Reizung der bloss schwächenden Fasern) nicht angestellt werden. Unsere beste Form des Versuches (Vergleich der depressorischen Wirkung der verschiedenen verlangsamenden Aestchen nach Convallariavergiftung) ist mit grossen Schwierigkeiten verknüpft.

IV.

Schon die ersten Angaben, welche wir in unseren Versuchen zu Gunsten der Existenz der selbständigen die Herzcontraction schwächenden Nerven erhielten, riefen in uns die Ueberzeugung hervor, dass auch Antagonisten derselben vorhanden sein müssten. Diese Ueberzeugung fusste theils so zu sagen auf dem Princip der bereits bekannten Innervation des Gefässsystems, nämlich der doppelten antagonistischen Innervation, theils auf der von Gaskell und Heidenhain constatirten Thatsache, dass man beim Frosche durch die Herznerven auch Verstärkung der Contractionen hervorrufen könne. Eine Zeit lang glaubten wir die gesuchten Fasern vor Augen zu haben, doch wollte es uns anfangs nicht gelingen, die Bedingungen, unter denen dieselben sich beständig äussern, zu finden. Bald in dem einen, bald in dem anderen Versuche wurde bei Reizung einiger Herzzweige Steigerung des Blutdruckes beobachtet, und zwar ohne jegliche Veränderung des Rhythmus, oder mit einer solchen, welche sich in anderen Nervenzweigen an der Druckhöhe auf solche Weise nicht äusserte. Erst als uns der Gedanke aufstieg, dass an dieser Verwirrung möglicher Weise der Kampf der Antagonisten die Schuld trage, begann die Sache sich aufzuklären. Es lag somit die Nothwendigkeit vor, jedes Mal den Einfluss des Antagonisten zu beseitigen. Das Mittel dazu war theils in wiederholter und verstärkter Reizung, theils in Atropinvergiftung gegeben. Und in der That gewann, dank solchen Maassregeln, der Versuch mit den verstärkenden Nerven an Beständigkeit.

Die Anordnung dieser Versuche ist dieselbe wie die der vorhergehenden. Das Thier wurde gleichfalls ohne jegliche vorläufige Narkose mittels Rückenmarkdurchschneidung bewegungslos gemacht, der Oesophagus gleichfalls manchmal exstirpirt, endlich wurden dieselben Blutgefässe unterbunden und dieselben Nerven durchschnitten.

Aus einer grossen Anzahl von Versuchen ergab sich Folgendes. Constante und oft bedeutende (bis 40 % der ursprünglichen Höhe) pressorische Wirkung kommt dem starken inneren Zweige des Vagus oder einigen kleinen den starken Zweig anatomisch stellvertretenden Aesten zu. In seltenen Fällen kommen pressorische Fasern im oberen äusseren und noch seltener in dem oberen inneren Zweige vor. In vielen Fällen bewirkt der starke innere Zweig zuerst Druckabnahme (worauf bereits hingewiesen wurde) sowohl bei Verlangsamung als auch bei Beschleunigung, und erst später nach den immer stärker werdenden wiederholten Reizungen (ebenso scheinbar nach Atropinvergiftung) erfolgt Drucksteigerung. Der Uebergang zum pressorischen Effecte geschieht entweder in der Art, dass nach depressorisch wirkenden Reizungen einige derselben ohne jeden Einfluss auf die Druck-

höhe bleiben, oder aber in der Art, dass bei der Reizung Druckabnahme nur in gewissen Momenten (Anfang oder Ende) der Reizung existirt, im Ganzen aber sich eine Steigerung des Druckes entwickelt. Hat sich der pressorische Effect einmal offenbart, so bedingten jetzt auch schwächere Ströme, welche früher entweder Druckabnahme bewirkten, oder gar keinen Einfluss ausübten, ebenfalls Steigerung des Druckes. Wurden die Elektroden am Ende des Versuches auf eine tiefer gelegene, frische Stelle des Nerven gebracht, so wurde in einigen Fällen bei Wiederholung der Reizungen dieselbe Reihe der Druckschwankungen beobachtet, welche früher bei Reizung des Nervenendes constatirt worden.[1]

Die Druckerhöhung wird nur in wenigen Fällen ohne Veränderung des Rhythmus beobachtet, eine wie starke Reizung man auch immer anwandte. Dagegen wurde öfters solches Verhalten beobachtet: bei gewissen Reizungen macht sich bloss Drucksteigerung ohne Rhythmusveränderung bemerkbar, obwohl bei Reizungen anderer Stärke und Dauer mit der Druckerhöhung gleichzeitig auch Schwankungen im Rhythmus auftreten. — Als Ausnahme erscheinen diejenigen Versuche, in welchen sich die Drucksteigerung mit Verlangsamung des Rhythmus combinirt, in der Regel erfolgt Steigerung mit Beschleunigung. Das wechselseitige Verhältniss beider Erscheinungen ist jedoch ein sehr verschiedenartiges. Bald beginnt die Beschleunigung gleichzeitig mit der Druckerhöhung und verläuft mit letzterer mehr oder weniger parallel — dieser Fall ist jedoch sehr selten. Bald dagegen — und dieses ist ein fast beständiges Verhalten — geht die Erhöhung bis zum Maximum, oder bis zu einem niedriger gelegenen Punkte ohne Rhythmusveränderung vor sich und in der Folge erst tritt die Beschleunigung hinzu. Zuweilen steigt der Druck mit Eintreten der Beschleunigung steil noch höher, zuweilen dagegen sinkt der Druck mit Beginn der Beschleunigung in praegnanter Weise und erreicht erst, nachdem die Beschleunigung sich vermindert oder vollständig verschwindet, ein endliches Maximum. Eine fast beständige Erscheinung ist, dass der pressorische Effect sehr langsam abnimmt während einiger Minuten nach der Reizung, nachdem die Beschleunigung schon längst geschwunden.[2] (Taf. VII, Fig. 4.)

Als Beispiel beifolgend das Protokoll eines Versuches.

Die gewöhnliche Versuchsanordnung, Oesophagus exstirpirt.

---

[1] Mir schien es, dass die der Steigerung vorausgehende Druckabnahme bei Reizung des starken inneren Zweiges in den Winterversuchen häufiger vorkam und praegnanter ausgedrückt war.

[2] In Versuchen mit den besten Manometern war bei Reizung des verstärkenden Zweiges zugleich mit der Steigerung des Blutdruckes deutlich auch Vergrösserung der Höhe der einzelnen Wellen zu sehen, wenn die Acceleration nicht eintrat oder schwach ausgeprägt war (Taf. VII, Fig. 5).

Blutdruck in 10″	Zahl der Herzschläge in 10″	
82	24	
81	24	
82	24	
Reizung des starken inneren Zweiges.	Rollenabstand 10 cm.	
78	22½	
76	22½	
Ende der Reizung.		
80	24	
81	24	
81	24	
Die Curve während 5—6′ ausgelassen, andere Zweige gereizt.		
82	28	Vorher der andere accelerirende Zweig gereizt.
81	27	
82	26	
83	26	
Reizung des starken inneren Zweiges.	Rollenabstand 9 cm.	
76	24	
77	25	
77	27	
76	29	
Ende der Reizung.		
78	29	
80	30	
82	28	
84	26	
83	25	
Die Curve während 5′ ausgelassen.		
82	27	Ebenfalls vorher der andere accelerirende Zweig gereizt.
83	26	
Reizung des starken inneren Zweiges	Rollenabstand 9 cm.	
83	24	
82	28	
Ende der Reizung.		
81	26	
81	25	
81	24	
Die Curve während 6′ ausgelassen.		
81	25	
81	24	
81	24	

Reizung des starken inneren Zweiges.	Rollenabstand 8 cm.
Der Druck steigt auf 85	25
85	29
Ende der Reizung.	
Der Druck steigt auf 89	32
auf 91	30
90	29
88	28
$3^1/_2{}'$ später 73	25
73	24
74	24
74	24
Reizung des starken inneren Zweiges.	Rollenabstand 8 cm.
Der Druck steigt allmählich	
auf 83	24
sinkt auf 80	27
steigt von Neuem auf 85	28
Ende der Reizung.	
Der Druck sinkt rasch	
auf 78	29
steigt wieder auf 87	29
87	28
88	27
86	27
83	27
80	27
6′ später 75	25
75	25
75	25
Reizung des starken inneren Zweiges.	Rollenabstand 8 cm.
73	25
Der Druck steigt allmählich	
auf 85	26
Der Druck sinkt auf 78	30
79	29
Ende der Reizung.	
Der Druck steigt steil	
auf 86	27
84	26
84	26
81	26

7′ später 72	26
72	25
73	25
72	25
73	25

Reizung des starken inneren Zweiges. Rollenabstand 7 cm.

Der Druck steigt allmählich auf 83	25
81	28
Ende der Reizung.	
80	28
Der Druck steigt auf **86**	27
86	27
84	27
82	25
79	25
76	25

Unterbrechung der Curve auf eine halbe Stunde. Unter Anderem wird der starke innere Zweig bis zum Pericardium praeparirt.

53	23
53	23
54	23
54	23

Reizung des starken inneren Zweiges am Ende. Rollenabstand 7 cm.

Der Druck steigt allmählich auf **60**	24
Ende der Reizung.	
59	24
58	24
57	24
56	23
56	23

Reizung des starken inneren Zweiges (am Pericardium). Rollenabstand 7 cm.

52	23
54	25
Ende der Reizung.	
54	25
60	24
58	24

Unterbrechung auf $3^1/_2{}'$, während dessen unter Anderem Atropin eingespritzt wurde.

50	30	Vorher der andere accelerirende Zweig gereizt.
50	26	
50	23	
50	23	

Reizung des starken inneren Zweiges (am Pericardium). Rollenabstand 6·5^{cm}.

Der Druck steigt auf 56	23
weiter auf **60**	27
Ende der Reizung.	
Der Druck sinkt rasch	
auf 52	26
steigt wieder auf 58	23
57	23
57	22
56	23
54	23
Unterbrechung der Curve auf 8′.	
52	22
52	22
50	22

Reizung des starken inneren Zweiges (am Pericardium). Rollenabstand 6^{cm}.

Der Druck steigt allmählich	
auf 58	22
52	29
Ende der Reizung.	
53	28
55	26
55	23
Der Druck steigt rasch	
auf **63**	23
62	23
62	23
60	23
59	23

Analysirt man den bei unserer Versuchsanordnung erhaltenen pressorischen Effect, so könnte man vielleicht ausser der directen centrifugalen Wirkung auf das Herz nur noch an eine Beeinflussung seitens des Lungenkreislaufes denken. Vielleicht werden in unserem Zweige die gefässerweiternden Nerven der Lungen gereizt, sodass die Blutbahn aus dem rechten Herzen in's linke weiter wird, in das Aortensystem also eine grössere Menge Blut eintritt, was dann auch in der beobachteten Steigerung des Blutdruckes sich äussert? Zwar ist schon in der Thatsache, dass die pressorische Wir-

kung einem bestimmten Nervenzweig angehört, eine Garantie dafür gegeben, dass diese Wirkung durch die Herzfasern bedingt werde. In der That können wir mit vollem Rechte von verschiedenen Verästelungen und Anastomosen dieses Zweiges abstrahiren und dessen constante physiologische Function einem bestimmten, constanten Theile — dem Kammernerven zuschreiben. — Natürlich sind auch hier, wie bei den früheren Versuchen die Folgerungen aus den Thatsachen Lichtheim's anwendbar. Glücklicherweise ist hier, abgesehen von den erwähnten wahrscheinlichen Annahmen, dank der Constanz und Stabilität der Grundthatsache, die Möglichkeit vorhanden die Frage durch specielle Versuche vollkommen zu lösen. Die genaue Lösung der Frage konnte auf dreierlei Art geschehen: entweder indem wir besagten Zweig am ausgeschnittenen und von den Lungen isolirten Herzen prüften, oder denselben so praeparirten, dass alle verdächtigen Nebenzweige entfernt worden, oder endlich indem wir den Druck in dem System der Aorta und in dem der Art. pulmonalis gleichzeitig beobachteten. Hier werden die Versuche der beiden letzteren Kategorien angeführt, die Versuche der ersten Art werden später dargelegt werden.

Es liegt auf der Hand, dass, wenn die von uns beobachtete Druckerhöhung in der Veränderung des Lungenkreislaufs ihren Grund hätte, die Druckschwankungen in dem System der Lungenarterie entgegengesetzter Natur sein müssten, d. h. der Druck sinken müsste. Hängt dagegen der Druck in der Aorta von der unter Einfluss specieller Nerven verstärkten Herzthätigkeit ab, so muss der Druck in der Lungenarterie sich in demselben Sinne verändern wie in der Aorta. Der Versuch hat letzteres Verhalten herausgestellt.

Das Thier, wie gewöhnlich, zum Versuche vorbereitet: Durchschneidung des Rückenmarkes, Exstirpation des Oesophagus u. s. w. ausgeführt. Das Manometer des Kymographion's mit einem dem oberen rechten Lungenlappen angehörigen Aste der Art. pulmonalis verbunden. Ein anderes Manometer mit der Art. cruralis verbunden. Die Schwankungen dieses letzteren werden mit dem Auge an der Scala abgelesen und an entsprechenden Punkten des kymographischen Streifens mit einem Bleistifte notirt. Obwohl der Druck in der Pulmonalarterie blos 9 mm zeigte, traten nichtsdestoweniger an der Curve sowohl die Herz- als auch die Respirationswellen deutlich hervor. Das Thier mit Atropin vergiftet.

Druck in 10″.	Zahl der Herzschläge in 10″	
9	25	Vorher ist der andere accelerirende Zweig gereizt.
9	23½	
9	23½	
9	21	

Reizung des starken inneren Zweiges.	Rollenabstand 8^{cm}.	
10	21	
Ende der Reizung.		
$10^1/_2$	23	Der Druck in Art. cruralis ist von 57 auf 69 ^{mm} gestiegen.
10	21	
10	$20^1/_2$	
$9^1/_2$	$22^1/_2$	
9	21	
3′ später $9^1/_2$	$22^1/_2$	
$9^1/_2$	22	
$9^1/_2$	22	
$9^1/_2$	21	
$9^1/_2$	$22^1/_2$	
$9^1/_2$	$21^1/_2$	
$9^1/_2$	$21^1/_2$	
$9^1/_2$	21	
Reizung des starken inneren Zweiges.	Rollenabstand 7,5 ^{cm}.	
$10^1/_2$	21	In der Art. cruralis ist der Druck von 55 auf 65 ^{mm} gestiegen.
$10^1/_2$	28	
Ende der Reizung.		
$10^1/_2$	27	
11	22	
11	$22^1/_2$	
11	$20^1/_2$	
$10^1/_2$	21	
10	$20^1/_2$	
10	$21^1/_2$	
$9^1/_2$	21	
$9^1/_2$	$21^1/_2$	
$9^1/_2$	$20^1/_2$	
3′ später $9^1/_2$	$20^1/_2$	
$9^1/_2$	20	
$9^1/_2$	20	
$9^1/_2$	20	
Reizung des starken inneren Zweiges.	Rollenabstand 7,5 ^{cm}.	
?	25	Der Druck in der Art. cruralis ist von 55 auf 65 gestiegen
10	$25^1/_2$	
Ende der Reizung.		
10	23	
$10^1/_2$	$19^1/_2$	
$10^1/_2$	20	

$^1/_2{}'$ später 9	19
9	20

Bei den niedrigen Ziffern des ursprünglichen Druckes konnte man eine grössere Praegnanz der Resultate kaum erwarten. Mir scheint es, dass das Resultat besonders Glauben verdient, da es ungeachtet der Geringheit der Dimensionen, dennoch in bestimmter Art und mit Beständigkeit beobachtet wurde. Der Versuch ist mehrere Male mit ganz demselben Erfolge wiederholt worden. Der grösseren Evidenz wegen wurden einige Versuche mit dem Wassermanometer angestellt. Hierbei wurden Schwankungen von 10—40^{mm} beobachtet, welche hinsichtlich der Zeit mit den entsprechenden Schwankungen des Quecksilbermanometers in der Art. cruralis vollkommen übereinstimmten.

Folgender Controlversuch wurde auf zweierlei Art ausgeführt. Die erstere besteht in Folgendem: unser Nervenast wird immer tiefer und tiefer praeparirt, d. h. immer mehr und mehr von einer Masse von Verzweigungen und Anastomosen, welche man unmöglich alle anatomisch controliren kann, befreit.

In dem anzuführenden Versuche wird derselbe innerhalb des Pericardiums bis zum oberen Rande der Pulmonalarterie praeparirt. Das Thier, wie gewöhnlich, zum Versuche vorbereitet. Atropinvergiftung. Der starke innere Zweig in der Tiefe praeparirt. Zu letzterem gesellt sich bald ein in derselben Richtung verlaufender Zweig vom linken Vagus. Beide werden bis zum oberen Rande der Art. pulmonalis praeparirt, welche letztere dieselben quer durchkreuzen, sich gegen den unteren Rand fächerartig ausbreitend. Ein Bündel feiner Aestchen umringt sodann die Basis der Pulmonalarterie und verbreitet sich an der Oberfläche der Ventrikeln, wie solches durch nachfolgende Praeparation am ausgeschnittenen Herzen erwiesen wird.

Druck in 10″.	Zahl der Herzschläge in 10″.
74	26
74	26
74	26
74	26
Beide Zweige zusammen gereizt. Rollenabstand 7^{cm}.	
In 5′ steigt der Druck auf 84 bei normalem Rhythmus.	
84	32
Ende der Reizung.	
82	33
Der Druck steigt auf 92	27
Der Druck sinkt auf 84	26
77	26

	74	26
	72	26
	70	26
	70	25
	70	25
5′ später	63	24
	64	25
	64	24
	65	25
	64	25

Dieselbe Reizung.

Der Druck steigt auf	74	24
	74	28

Ende der Reizung.

	74	29
	76	24
	75	24
	73	24
	71	23
	68	24
	65	25
	64	24
	64	25
	64	25
	63	26
	64	25

Beide Zweige werden zusammen mit einem nassen Faden unterbunden.

3′ später	60	24
	60	24

Beide Zweige werden oberhalb der Unterbindung gereizt.

	60	24
	60	24

Ende der Reizung.

	60	24
	59	24
1′ später	59	24
	59	24
	59	24

Beide Zweige unter der Ligatur gereizt.

Der Druck steigt auf	66	24

Ende der Reizung.

66	24
64	24
62	24

Die eben beschriebene Form des Controlversuches ist jedoch nicht ohne Mangel. Das Praepariren am lebenden Herzen beschmutzt den zu praeparirenden Raum sehr, sodass es später am herausgeschnittenen Praeparate schwer ist, die letzten Verästelungen besagten Zweiges bis zum Herzen zu verfolgen. Daher wurde neben der angeführten noch eine andere Form des Versuches in Ausführung gebracht. Der starke innere Zweig wird an dessen Ausgangsstelle vom Vagus gereizt, sodann auf der Lungenarterie durchschnitten und jetzt von Neuem gereizt. Aus dem Resultate der letzteren Reizung muss sich ergeben, ob die fraglichen Fasern durch die Pulmonalarterie gehen oder nicht.

Das Thier wie gewöhnlich zum Versuche vorbereitet. An der inneren Seite des Vagus werden zwei Aeste genommen. Nr. 1 ein bedeutender Rest des N. laryngeus inferior, welcher nach unten zum Herzen hin verläuft und Nr. 2 ein selbständiger neben dem ersteren abgehender, ziemlich dicker Zweig resp. der starke innere Zweig. Atropinvergiftung.

Druck in 10″.	Zahl der Herzschläge in 10″.
43	$15^{1}/_{2}$
43	$15^{1}/_{2}$
43	$15^{1}/_{2}$
Reizung Nr. 1. Rollenabstand 8^{cm}.	
Der Druck steigt auf 52	$15^{1}/_{2}$
52	19
Ende der Reizung.	
52	$17^{1}/_{2}$
55	16
54	$16^{1}/_{2}$
53	$16^{1}/_{2}$
51	$16^{1}/_{2}$
50	17
49	$16^{1}/_{2}$
Reizung Nr. 2. Rollenabstand 8^{cm}.	
Der Druck steigt auf 56	$28^{1}/_{2}$
Ende der Reizung.	
53	29
54	23
54	$17^{1}/_{2}$
54	$17^{1}/_{2}$
55	17

	53	17
	53	$16^1/_2$
	52	16
	49	16
5′ später	42	18
	42	17
	42	16

Reizung Nr. 2. Rollenabstand 8 cm.

Der Druck steigt auf	54	31

Ende der Reizung.

	52	31
	53	30
	53	21
	56	16
	55	16
	54	16
	53	16
	52	16
	51	$15^1/_2$

Reizung Nr. 1. Rollenabstand 8 cm.

Der Druck steigt auf	55	16
	56	$16^1/_2$

Ende der Reizung.

	56	17
	56	17

Unterbrechung der Curve auf 10′. Unterdessen wird das Pericardium geöffnet und in dem Raume zwischen der rechten Auricula und der Basis der Aorta auf der Pulmonalarterie, welche den Boden dieses Raumes bildet, werden drei quer über der Arterie liegende Nervenästchen frei praeparirt.

	41	—
	41	—
	42	—
	42	—

Reizung Nr. 1. Rollenabstand 8 cm.

Der Druck steigt auf	50	—

Ende der Reizung.

	52	—
	50	—
	50	—
	49	—

Unterbrechung der Curve auf 5′. Alle oben erwähnten Aestchen an der Pulmonalarterie werden durchschnitten.

48	19
47	18
47	18
Reizung Nr. 1. Rollenabstand 7^{cm}.	
48	18
Ende der Reizung.	
48	18
49	19
49	19
49	18
49	18
49	18
Reizung Nr. 2. Rollenabstand 7^{cm}.	
50	28
Ende der Reizung.	
50	28
49	24
48	19
47	19
47	$18\frac{1}{2}$
47	$18\frac{1}{2}$
5′ später 44	16
44	16
44	16
Reizung Nr. 1. Rollenabstand 7^{cm}.	
44	16
45	$16\frac{1}{2}$
Ende der Reizung.	
46	17
46	17
Reizung Nr. 2. Rollenabstand 7^{cm}.	
47	27
48	$29\frac{1}{2}$
Ende der Reizung.	
47	27
47	26
46	22
46	$19\frac{1}{2}$
45	$17\frac{1}{2}$

	44	17
	44	17
	44	17
5′ später	43	15
	44	15
	43	15
Reizung Nr. 1. Rollenabstand 6·5 cm.		
	44	15
	45	15½
Ende der Reizung.		
	44	16
	44	15 u. s. w.

Am ausgeschnittenen Herzen kann man die zwei durchschnittenen dickeren Aestchen sehr leicht bis zur Ventrikeloberfläche verfolgen. Der dritte feinere dagegen verliert sich in der Aortabasis. Jedenfalls kann man längs der Pulmonalarterie kein einziges Aestchen, welches von den genannten abliefe, constatiren.

Der Versuch spricht in genügend prägnanter Weise dafür, dass der pressorische Effect unseres Nervenzweiges den Herzfasern angehöre. Die unbedeutende, nach tief vorgenommener Durchschneidung bleibende pressorische Wirkung muss auf Kosten einer unbedeutenden Anzahl von Fasern gesetzt werden, die auf einem anderen Wege das Herz erreichen. Es kommt öfters vor, dass die Art. pulmonalis auf einer bedeutenden Strecke von Häufchen feiner in der Richtung zu dem Ventrikel verlaufender Nervchen durchkreuzt wird. Der in der angegebenen Weise mehrmals ausgeführte Controlversuch ergab beständig ein und dasselbe Resultat.

Das übereinstimmende Resultat der angeführten Versuche dient als Beweis dafür, dass der drucksteigernde Effect des in Rede stehenden Zweiges in der That den centrifugalen Herznervenfasern zukomme.

Eine weitere Frage betrifft die Natur dieser Fasern.

Kann man die pressorische Wirkung den bekannten Herznerven zuschreiben?

Von letzteren könnte man natürlicher Weise an die beschleunigenden Nerven denken, um so mehr, da in unseren Versuchen Druckerhöhung und Pulsbeschleunigung meistens Hand in Hand gehen. Doch spricht sehr Vieles entschieden gegen diese Annahme. Erstens erhält man in manchen Versuchen nach Reizung des starken inneren Zweiges bloss Zunahme des Druckes ohne irgend welche Veränderung des Pulses, trotz mehrmals wiederholter Reizungen verschiedener Stärke (die Protokolle solcher Versuche werden an anderer Stelle angeführt werden). Zweitens ergiebt die im Verlaufe ein und desselben Versuches vorgenommene Reizung anderer beschleu-

nigender Nervenzweige in keiner Periode eine Steigerung des Druckes, viel weniger eine constante oder temporäre Steigerung ohne Veränderung des Rhythmus. Drittens haben wir bereits gesehen, dass bis zu einem gewissen Punkte des Versuchs ein und derselbe starke innere Zweig keine Drucksteigerung bewirkt, obwohl derselbe sowohl früher als später Pulsbeschleunigung nach sich zieht. Viertens endlich hat in dem zuletzt angeführten Versuche die zweite tiefere Durchschneidung des starken inneren Zweiges nur dessen pressorische Wirkung beseitigt, während die beschleunigende Function vollkommen intact geblieben war.

Der erstere wie auch die beiden letzteren Beweisgründe genügen offenbar, um auch die Voraussetzung auszuschliessen, dass vielleicht verschiedene Herzabschnitte selbständige beschleunigende Fasern besitzen und dass die verstärkenden Fasern nur die beschleunigenden der Ventrikel seien.

Wir müssen daher annehmen, dass die Beschleunigung, welche die Druckerhöhung bei Reizung des starken inneren Zweiges begleitet, von einer zufälligen Beimischung beschleunigender Fasern zu den verstärkenden abhängig sei.

Beifolgend führe ich das Protokoll eines Versuches an, in welchem man die Wirkung des starken inneren Zweiges und anderer beschleunigender Zweige auf die Blutdruckhöhe mit einander vergleichen kann.

Gewöhnliche Versuchsanordnung, der Oesophagus exstirpirt, Atropinvergiftung.

Druck in 10″	Zahl der Herzschläge in 10″
51	23
49	22
Reizung des inneren unteren Zweiges.	Rollenabstand 8 cm.
50	27
49	30
Ende der Reizung.	
48	30
48	27
Reizung des oberen äusseren Zweiges.	Rollenabstand 8 cm.
44	34
Ende der Reizung.	
46	37
45	36
44	33
45	29
45	28
45	26
Reizung des oberen inneren Zweiges.	Rollenabstand 8 cm.

	45	24
	Ende der Reizung.	
	44	30
	43	27
	44	24
	44	25
	44	25
	44	25

Reizung des starken inneren Zweiges. Rollenabstand 8 cm.

Der Druck steigt allmählich auf	51	25
	50	30
	Ende der Reizung.	
	53	28
	52	27
	50	25
	48	24 u. s. w.

In den soeben angeführten, die verstärkenden Nerven betreffenden Versuchen ist das Herz, wie ersichtlich, unter Bedingungen gestellt, die von den normalen bedeutend abweichen: das Herz wird bedeutend abgekühlt und arbeitet lange Zeit unter sehr geringem Blutdrucke. Daher könnte man leicht einwenden, dass auch die Verstärkung der Herzthätigkeit unter Einfluss der Nerven möglicher Weise nur unter den besagten Bedingungen eintritt. Ein derartiger Einwand ist bereits in der physiologischen Litteratur gegen analoge Versuche an Fröschen gemacht worden. Bekanntlich haben Gaskell und Heidenhain gefunden, dass man durch Reizung des Vagus beim Frosche unter gewissen Bedingungen nicht nur Beschleunigung, sondern auch Verstärkung der Herzcontractionen erreichen könne. Löwit,[1] welcher später unter Anwendung derselben Methode wie Heidenhain arbeitete, jedoch für normalere Ernährung des Herzens Sorge trug, hat im Gegentheil (in Uebereinstimmung mit den früheren Forschern) als beständige Erscheinung — Beschleunigung mit gleichzeitiger Abnahme der Herzcontractionen constatirt. Verstärkung trat bei ihm nur in seltenen Fällen und bei augenscheinlich ungünstigen Bedingungen auf: bei bedeutender Erschöpfung und ungenügender Ernährung. Daher hält sich der genannte Autor im Rechte, die ganze Erscheinung der Verstärkung als Abnormität anzusehen und übergeht sogar dieselbe bei Erklärung der Wirkung der Herznerven mit Stillschweigen.

Wir haben daher einige Versuche in anderer Form angestellt. Hier einer derselben.

[1] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XXIX.

Der Hund wie gewöhnlich durch Durchschneidung des Rückenmarkes ohne vorläufige Narkose bewegungslos gemacht. Durch einen vom Sternum aus 2—3 cm nach oben, längs dem äusseren Rande des M. sternocleido-mastoideus geführten Schnitt dringen wir bis zur Art. carotis und dem mit derselben verbundenen Vagosympathicus und gelangen dann, längs diesem letzteren uns nach unten hin wendend und das lockere Bindegewebe zerreissend, bald zum starken inneren Zweige. Unterhalb des Abganges dieses Zweiges wird der N. vagus durchschnitten.

Blutdruck in 10″	Zahl der Herzschläge in 10″
134	29
134	29
134	29
133	29
Reizung des starken inneren Zweiges. Rollenabstand 9 cm.	
Der Druck steigt allmählich auf 150	28
Ende der Reizung.	
150	29
150	29
146	29
140	29
137	29
135	29
120	28
120	28
Dieselbe Reizung.	
Der Druck steigt allmählich auf 140	29
Ende der Reizung.	
142	28
145	28
142	28
130	28
127	28
128	28
126	28
124	28
115	27
115	27

Reizung des starken inneren Zweiges. Rollenabstand 8 cm.

Der Druck steigt allmählich auf 132	26
Ende der Reizung.	
134	27
140	27
140	26
134	25
129	26
125	26
121	26

In der Hoffnung, vollkommene Isolirung der verstärkenden Fasern zu erreichen, wendeten wir uns zu einem anderen Thiere — der Katze. Zufälliger Weise schienen die ersten Experimente an diesem Thiere unserer Hoffnung zu entsprechen. Von einem leicht zu findenden Vaguszweige wurde eine sehr bedeutende Druckerhöhung fast oder ganz ohne jegliche Veränderungen des Rhythmus beobachtet. Die weiteren Versuche entsprachen jedoch nicht den gehegten Hoffnungen. Zuweilen sind in dem dicken Zweige des Vagus der Katze, welcher dem starken inneren Zweige des Hundes entspricht, viele beschleunigende Fasern enthalten, zuweilen kann man denselben gar nicht finden. Man muss deshalb annehmen, dass in letzterem Falle die verstärkenden Fasern zum Herzen zusammen mit den beschleunigenden vom Ganglion stellatum abgehen.

Ich führe den am meisten gelungenen Versuch vor (Taf. VII, Fig. 6).

Die Versuchsanordnung ganz dieselbe wie an Hunden. Der stärkste Herzzweig des Vagus, welcher von der Innenseite oberhalb aller anderen feineren Zweige abgeht, frei praeparirt und durchschnitten.

Blutdruck in 10″	Zahl der Herzschläge in 10″
64	12
66	$12^1/_2$
66	$12^1/_2$
65	$12^1/_2$
65	$12^1/_2$
Reizung des verstärkenden Zweiges.	Rollenabstand 9 cm.
Der Druck steigt auf 70	12
— auf 80	$12^1/_2$
Ende der Reizung.	
— auf 91	12
94	$12^1/_2$
94	$12^1/_2$
92	12

89	12
84	12
77	12
72	11
68	11½
66	12
68	11½
68	12
71	12
71	12
Dieselbe Reizung.	
76	12½
86	12½
Ende der Reizung.	
90	13
84	12
81	12
92	12½
63	10½
63	10½
63	10½
64	11
64	10½
64	11
64	11
Dieselbe Reizung.	
70	10½
75	11
Ende der Reizung.	
82	11
88	11
88	11
86	11
84	10½
82	10½
78	10½
74	10½
70	10
68	10
68	10
67	10 u. s. w.

Während der Unterbrechung werden leicht und rasch auf der Lungenarterie in der Nähe der Ventrikel die Nerven durchschnitten, wie solches bereits in den Versuchen an Hunden beschrieben worden. Die Praeparirung am ausgeschnittenen Herzen nach dem Versuche zeigte, dass der von uns gereizte Zweig in der gleichen Weise, wie der starke innere Zweig des Hundes verläuft und bei der zweiten Durchschneidung nahe den Ventrikeln in der That von uns durchschnitten war.

60	$11^1/_2$
58	12
58	$11^1/_2$
57	$11^1/_2$
57	$11^1/_2$
Reizung desselben Zweiges. Rollenabstand $8 \cdot 5^{\text{cm}}$	
57	12
56	$11^1/_2$
Ende der Reizung.	
56	—
55	—
42	$10^1/_2$
42	$10^1/_2$
42	10
42	10
Reizung desselben Zweiges. Rollenabstand $8 \cdot 5^{\text{cm}}$.	
42	$10^1/_2$
42	$10^1/_2$
Ende der Reizung.	
42	10
42	$9^1/_2$
40	$9^1/_2$
40	10
39	$9^1/_2$
40	10
39	$9^1/_2$
39	10
Reizung desselben Zweiges. Rollenabstand 8^{cm}.	
39	9
39	$9^1/_2$
40	$9^1/_2$
39	$9^1/_2$
39	$9^1/_2$ u. s. w.

Solcherart haben wir die verstärkenden Nerven als pressorische kennen gelernt, welche den Nutzeffect der Herzarbeit vergrössern.[1]

Der weiteren Untersuchung gelang es noch andere praegnantere Eigenschaften genannter Nerven festzustellen.

Schon in den ersten Versuchen über die verstärkenden Nerven zeigte die Beobachtung des blossgelegten Herzens, dass das Herz bei Reizung des starken inneren Zweiges anfange sich heftiger und rascher zu contrahiren. Diese Thatsache wurde unbestreitbar constatirt, als wir uns zu den kardiographischen Versuchen wandten. Auch hier begann der Versuch mit den gewöhnlichen Operationen: der Durchschneidung des Rückenmarks u. s. w. Sodann wurde die ganze Vorderwandung des Brustkastens entfernt. Das Pericardium wurde der Länge nach geöffnet und mittels einiger Nähte von beiden Seiten an die Ränder der künstlichen Brustöffnung befestigt. Auf das Herz (den rechten Ventrikel unweit des Sulcus longitudinalis anterior) wurde ein leichter hohler Glasapparat aufgestellt, welcher aus zwei mittels eines Glasröhrchens verbundenen kleinen Halbkugeln bestand. Die obere dieser Halbkugeln wurde mit Wachs an den Knopf der Marey'schen Trommel, wie letztere zum Aufsetzen auf Arterien des Menschen benutzt wird, angebracht. Mit besagter Trommel wurde auf gewöhnliche Art die notirende Trommel vereinigt. Der mittlere Theil des Glasapparates wurde (um seitliche Schwankungen zu vermeiden) vermittelst eines Geflechtes aus Glasstäbchen oder Metalldrähten gehalten. Die percipirende Trommel nebst dem Glasapparate wurde derart aufgestellt, dass die untere Halbkugel bei den Bewegungen des Herzens weder zurückblieb noch in die Muskelmasse zu sehr eindrang.

Bei Reizung des verstärkenden Zweiges wurde ein constanter Effect erhalten, der durch das hinzugefügte Kardiogramm (Taf. VIII, Fig. 15) dargestellt wird. Letzteres enthält ansteigende Wellen. Der aufsteigende Theil jeder Welle entspricht ungefähr der Systole (systolische Linie), der absteigende der Diastole (diastolische Linie), der Raum zwischen zwei benachbarten Wellen entspricht der Pause. Wir wollen die diesem Raume entsprechende Linie als Linie der Pause bezeichnen; die gedachte gerade Linie dagegen, welche dem Abstande zwischen den systolischen und der diastolischen Linie an der Basis der Welle entspricht, als Contractionslinie bezeichnen. Es ist klar, dass die Zeichnung der Wirklichkeit nicht vollkommen genau entspricht; der Einfluss seitens des registrirenden Apparates kann jedoch mehr oder weniger bestimmt werden. Es ist einleuchtend, dass die Zacke am

[1] Die Versuche über die pressorische Wirkungsweise des starken inneren Zweiges des Vagus sind von uns den HH. Prof. Botkin, Owsjannikow, Paschutin, Setschenow und Tarchanow demonstrirt worden.

Ende der Diastole, welche durch Sinken der diastolischen Linie unter diejenige der Pause gebildet wird, der Beschleunigung entspricht, welche der Apparat bei raschem Zurückkehren zur Norm acquirirt hat. Hieraus folgt, dass man auch der Höhe der Wellen keine objective Bedeutung beimessen darf. Doch kann über den Sinn der Veränderung des Contractionsprocesses bei Reizung des verstärkenden Zweiges gar kein Zweifel obwalten. Während die Linie der Pause vor der Reizung gewöhnlich kleiner ist, als die Contractionslinie, wird erstere nach Reizung grösser oder der Contractionslinie gleich, obwohl keine Verlangsamung des Rhythmus, vielmehr Anfangs Beschleunigung eintritt. Die Verlängerung der Pause geschieht also auf Rechnung der Verkürzung der Contractionslinie. Solches kann jedoch nur in Folge des rascheren Verlaufes der Herzcontraction eintreten. — Die Frage, was eigentlich verkürzt wird, die Systole, oder die Diastole, oder gleichzeitig beide, kann auf Grund unserer Kardiogramme nicht vollständig gelöst werden, theils weil in Folge der langsamen Bewegung der Trommel die systolische und diastolische Linie zu nahe an einander liegen, hauptsächlich aber weil in Folge oben erwähnter Ursache das Ende der Systole nicht genau bestimmt werden kann. Doch kann man, wie mir scheint, aus der Betrachtung der Wellen den Schluss ziehen, dass die Diastole an diesem Processe der Verkürzung der Herzcontraction ohne Zweifel Theil nimmt. Es fällt nämlich auf, dass aus der Contractionswelle die Abschüssigkeit verschwindet, mit welcher normal die diastolische Linie endigt. Somit besteht der kardiographische Effect des verstärkenden Zweiges in der Verkürzung des Contractionsprocesses des Herzens.

In Bezug auf die Entstehung dieser Verkürzung kann man ausser der specifischen Wirkung des genannten Zweiges noch zwei Voraussetzungen machen. Vielleicht verdankt der verstärkende Zweig diese Wirkung der Gegenwart beschleunigender Fasern, welche, wie es Baxt[1] im Laboratorium von Ludwig gezeigt, die Systolenzeit verkürzen? Da ich diese Frage noch später berühren will, weise ich hier nur auf Folgendes hin. Bei Reizung des verstärkenden Zweiges ist es eine beständige Thatsache, dass die Verkürzung am deutlichsten erst nach Einstellung der Reizung eintritt, wenn die die Reizung dieses Zweiges gewöhnlich begleitende Beschleunigung vollkommen verschwunden ist und überhaupt vom Grade der Beschleunigung ganz und gar nicht abhängt. Ganz anders bei Reizung der anderen beschleunigenden Zweige und zwar der äusseren Aeste, welchen eine maximale beschleunigende Function zukommt. Bei diesen Zweigen beobachtet man niemals eine Verkürzung nach dem Verschwinden der Acceleration. Diejenige Verkürzung, welche bei der starken Acceleration zum Vorschein

[1] *Dies Archiv.* 1878.

kommt, ist im Verhältniss zur Verkürzung bei der Reizung des verstärkenden Zweiges unbedeutend. Ausserdem wird dieselbe gewöhnlich in den Fällen beobachtet, wo auf unseren Curven, in Folge einer sehr langsamen Bewegung der Trommel, am Fusse der Wellen keine Zwischenräume bleiben. Man könnte also denken, dass bei einer schnelleren Bewegung der Trommel die Verkürzung gar nicht zu constatiren wäre.

Die zweite mögliche Voraussetzung über die Entstehung der hier betrachteten Verkürzung besteht in Folgendem: ist nicht diese Veränderung des Contractionsprocesses ein Nebenresultat der Reizung des verstärkenden Zweiges? Dieser Zweig steigert nämlich den Blutdruck. Erscheint nicht die Verkürzung als Folge dieser Drucksteigerung? Die Unhaltbarkeit dieser letzteren Annahme wird durch einfache Controlversuche dargethan. Das Zudrücken der Aorta verändert eben das Bild der Herzcontractionen eher in entgegengesetzter Richtung d. h. verlängert die Contractionslinie.

Um die dritte Eigenthümlichkeit des verstärkenden Nerven zu begreifen, müssen wir vorher noch einige bemerkenswerthe Eigenheiten kennen lernen, welche bei Reizung gewisser Herznervenzweige beobachtet werden.

Schon bei den ersten Versuchen über die Herzzweige des Vagus wurde unsere Aufmerksamkeit auf die Thatsache gelenkt, dass bei Reizung der äusseren Zweige auf der Curve solche Herzwellen gezeichnet wurden, welche dem nicht entsprechen, was das Auge durch die Brustwunde am Herzen (eigentlich am rechten Vorhofe) wahrnahm: während der Vorhof sehr häufig zu schlagen begann, zeichnete das Manometer die Wellen nicht nur häufiger, sondern in der Regel sogar seltener, als in der Norm. Anfangs waren wir geneigt diese seltsame Erscheinung der Mangelhaftigkeit unseres Manometers alter Construction zuzuschreiben. Allein die Beständigkeit des Factums auch bei Anwendung besserer Manometer und einige Bedingungen hinsichtlich des Auftretens desselben veranlassten zu der Annahme, dass die Ursache der Erscheinung im Herzen selbst liege. Und in der That konnte man sich durch Anlegen des Fingers an die Arterien und an das Herz selbst (hauptsächlich an den linken Ventrikel) leicht überzeugen, dass die sonderbaren manometrischen Wellen wirklich vom Herzen selbst ausgehen, d. h. das Manometer die Contractionen des Ventrikels, was deren Zahl anbetrifft, vollkommen richtig angiebt. Anfangs stellten wir uns die Erscheinung bloss als eine Disharmonie zwischen den Vorhöfen und Ventrikeln vor. Erst dank weiteren einzelnen und zufälligen Beobachtungen gelangten wir zur vollen Wahrheit. Man musste annehmen, dass die Disharmonie tiefer geht, dass beide Ventrikel zuweilen gesondert, in verschiedenem Rhythmus schlagen können. Die Erscheinung der Disharmonie zwischen den Ventrikeln offenbarte sich uns in zweifelloser und deutlichster Form, als wir auf ein und demselben Papierstreifen zwei Manometer

schreiben liessen, deren einer mit der Art. carotis, der andere mit einem (dem oberen Lappen der rechten Lunge angehörigen) Zweige der Art. pulmonalis (Taf. VII, Fig. 7) verbunden war. Soviel man nach diesen Versuchen urtheilen kann, tritt die Disharmonie mit den Vorhöfen am leichtesten an dem linken Ventrikel ein, während der rechte Ventrikel gleichzeitig mit ersterem zu schlagen fortfährt. Solches geschieht entweder bei kürzeren oder am Anfange längerer Reizungen. Später wird die Harmonie zwischen dem rechten Ventrikel und den Vorhöfen auch aufgehoben, so dass ersterer zugleich mit dem linken Ventrikel zu schlagen beginnt.

Bei der weiteren Beschreibung der Disharmonie haben wir ausschliesslich diejenigen Curven im Auge, welche die Bewegungen des linken Ventrikels allein darstellen, wobei die ihnen entsprechenden Contractionen der Vorhöfe von den Assistenten laut gezählt wurden und auf solche Weise die Disharmonie constatirt werden konnte.

Die Disharmonie tritt bei der Reizung starker und reiner beschleunigender Zweige ein. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass in unseren Versuchen die Disharmonie eben den beschleunigenden, nicht aber irgend welchen anderen Fasern (etwa den schwächenden, wie man denken könnte) ihren Ursprung verdankt. Alle Zweige, deren Reizung die Disharmonie zur Folge hatte, beschleunigten ohne Ausnahme beträchtlich die Contractionen der Vorhöfe und in grösserem oder geringerem Grade auch die der Ventrikel. Je stärker die beschleunigende Function eines Zweiges, desto sicherer tritt bei Reizung desselben die Disharmonie ein und hält, einmal eingetreten, desto länger an. Entsprechend der Abnahme oder dem gänzlichem Schwinden der beschleunigenden Function in Folge öfters wiederholter oder sehr starker Reizungen wird auch die Disharmonie geringer und verschwindet endlich ganz. Als Repraesentanten derjenigen Zweige, welche die Disharmonie bedingen, können die äusseren Zweige des Vagus betrachtet werden, insbesondere der untere äussere Zweig, welcher beständig als reiner stark beschleunigender Nerv auftritt. Sowohl das Eintreten der Disharmonie während der Reizung, als auch die Anpassung des Ventrikels an den Vorhof nach aufgehobener Reizung vollzieht sich in verschiedenen Versuchen auf ziemlich verschiedene Weise. Zuweilen offenbart sich die Disharmonie als primärer Effect der Reizung, zuweilen dagegen tritt zuerst eine Beschleunigung der Contractionen des gesammten Herzens ein und erst später, wenn die Beschleunigung bis zu einem gewissen Grade gestiegen ist, stellen sich die seltenen selbständigen Contractionen des Ventrikels ein. Auf der Curve erscheinen die seltenen Wellen entweder sogleich vollkommen ausgeprägt, oder es werden zuerst die an der Spitze gespaltenen Wellen wahrgenommen. Die Wiederherstellung der Harmonie zwischen dem Ventrikel und den Vorhöfen nach der Reizung vollzieht sich auf noch ver-

schiedenere Weise. Zuweilen geht der seltene und selbständige Puls des linken Ventrikels in den zwar noch etwas beschleunigten Puls des ganzen Herzens über. Gewöhnlich aber wird zwischen diesen Perioden der Ventrikelthätigkeit eine manchmal ziemlich lange Reihe an der Spitze gespaltener Wellen wahrgenommen, welche sich immer mehr und mehr spalten, bis regelmässige Wellen des etwas beschleunigten allgemeinen Herzrhythmus eintreten. Endlich wird seltener noch folgende Reihenfolge der Erscheinungen beobachtet: nach den seltenen selbständigen Wellen tritt ein periodischer Wechsel ein, es wechseln einige Male Perioden mit seltenem selbständigen und Perioden mit häufigem, allen Herztheilen gemeinsamen Pulse ab, wobei der Uebergang des seltenen Pulses in den häufigen und umgekehrt allmählich d. h. durch Spaltung resp. durch Confluenz der Wellen vor sich geht, sodann folgt eine lange Reihe gespaltener Wellen und endlich die Rückkehr zur Norm, wie bereits erwähnt (Taf. VII, Fig. 8). Bei welcher Häufigkeit der Herzschläge die Disharmonie eintritt oder verschwindet, das kann für jeden einzelnen Versuch im Voraus nicht bestimmt werden. Ueberhaupt ist es, wie schon gesagt, richtig, dass je grösser die Beschleunigung, desto eher die Disharmonie sich einstellt und bildet solches in jedem einzelnen Versuche für die rein beschleunigenden Aestchen eine bestimmte Regel. In verschiedenen Versuchen jedoch variirt die Häufigkeit des Rhythmus, bei welcher die Disharmonie beobachtet wird, sehr bedeutend, ungefähr von 40 bis 25 Schlägen in 10 Secunden.

In allen unseren Versuchen, sowohl im Falle der Disharmonie zwischen den beiden Ventrikeln, als auch bei der Disharmonie zwischen den Vorhöfen und den Ventrikeln drückte sich das Verhältniss des Rhythmus durch 1 : 2 aus. Dem entsprechend hatten auch die zackigen Wellen immer nur 2 Zacken.

Die Erscheinungen der Disharmonie machen den Eindruck, als ob wir hier in den Ventrikeln Zusammenfliessen, die Summirung sehr oft nach einander folgenden Contractionen hätten. Daher werden wir in der Folge die beschriebenen, mit dem übrigen Herzen nicht harmonirenden Contractionen des linken Ventrikels als s u m m a r i s c h e bezeichnen.

Die Disharmonie wird grösstentheils von Druckabnahme begleitet, welche oft ziemlich bedeutend ist, so z. B. fiel bei einer Anfangshöhe von 100^{mm} der Druck auf 50^{mm}. Ist der Druck schon an und für sich niedrig, so sinkt derselbe bis auf Null.

Die Disharmonie bildet eine sehr beständige Erscheinung und kann leicht hervorgerufen werden. Dass dieselbe bisher unbekannt geblieben, hat, wie mir scheint, seinen Hauptgrund darin, dass unsere Vorgänger nicht diejenigen Zweige gereizt haben, welche die Disharmonie am leichtesten und am häufigsten bewirken. Wollte man nämlich die beschleu-

nigenden Fasern reizen, so wählte man zu dem Zwecke fast immer die die Ansa Vieussenii bildenden Zweige. Unter gewissen Bedingungen kann auch die Reizung der Ansa eine lang anhaltende Disharmonie bewirken, doch waren diese Bedingungen (das Nähere weiter unten) bei den anderen Forschern nicht vorhanden. Ebenso wird auch bei Reizung des starken inneren Zweiges, welche von den Forschern sehr oft vorgenommen worden, nur selten und ebenfalls unter besonderen Bedingungen das Eintreten der andauernden Disharmonie beobachtet. Als weitere Ursache, weshalb die anderen Experimentatoren die Disharmonie nicht beobachtet haben, könnte noch der Umstand dienen, dass das Herz in ihren Versuchen keinen solchen Bedingungen unterworfen wurde, wie in den unsrigen. Es scheint mir, dass das mehr oder weniger leichte Eintreten der Disharmonie in verschiedenen Versuchen davon abhängt, dass die Erregbarkeit des Herzmuskels in Folge der Versuchsbedingungen eine verschiedene Veränderung erfährt. Leider unterliessen wir letzteren Umstand des Näheren aufzuklären. Wir wollen jedoch einen zufälligen Versuch anführen, welcher die etwa mögliche Voraussetzung ausschliesst, dass die Disharmonie bloss unter abnormen Bedingungen eintrete. In einem der Versuche enthielt der Halsvagus eine Menge beschleunigender Fasern und bedingte die Reizung desselben (die Brusthöhle war nicht geöffnet) das Eintreten der Disharmonie, welche somit an einem vollkommen normalen Herzen auftrat.

Der verstärkende Nerv besitzt die Fähigkeit, die eben beschriebene Disharmonie zu beseitigen und die normale Thätigkeit des Herzens wiederherzustellen. Reizt man den starken inneren Zweig, nachdem in Folge von Reizung der reinen beschleunigenden Fasern der Blutdruck gefallen und die Curve die summarischen Wellen des linken Ventrikels aufweist, so beginnt der Druck nach 3—5″ jäh zu steigen, wobei er die Norm bedeutend überschreitet und die seltenen summarischen Wellen durch häufige dem ganzen Herzen entsprechende Wellen ersetzt werden (Taf. VII, Fig. 9). — Reizt man dagegen zuerst den verstärkenden Zweig, wobei Drucksteigerung mit Pulsbeschleunigung eintritt, so bewirkt die Reizung der reinen und starken beschleunigenden Nerven bloss eine noch grössere Beschleunigung, wobei jedoch weder Druckabnahme noch summarische Wellen beobachtet werden. Daher ist es klar, weshalb der starke innere Zweig, er möge noch so viel beschleunigende Fasern enthalten, nie einen andauernden Zwiespalt ergiebt. Ein rasch vorübergehender wird zwar, wenn auch selten, am Anfange der Reizung beobachtet, augenscheinlich aus dem Grunde, weil die Latenz der verstärkenden Fasern im Vergleich mit derjenigen der beschleunigenden eine viel längere ist. Damit die im starken inneren Zweige enthaltenen beschleunigenden Fasern die anhaltende Disharmonie bewirken können, muss vorher Lähmung der verstärkenden Fasern eintreten. Letzteres

kann dank dem weiteren Verlaufe beider Arten von Fasern leicht erreicht werden. Es genügt, den starken inneren Zweig tief zu durchschneiden, damit derselbe (selbstredend wenn er viele beschleunigende Fasern enthält) die langdauernde Disharmonie bewirke. Der Grund dafür liegt darin, dass die beschleunigenden Fasern schon ziemlich hoch von dem starken inneren Zweige abgehen und zu den Vorhöfen ihren Verlauf nehmen, während die verstärkenden sich nach unten hin fortsetzen und in die Masse der Ventrikel eindringen.

Als Ergänzung zur angeführten Charakteristik der verstärkenden Nerven können noch folgende ziemlich seltene und zufällige Versuche angeführt werden. Zuweilen nämlich tritt Unregelmässigkeit des Pulses ein: bald wechseln sich regelmässig ein starker und ein schwacher Schlag ab, bald folgt nach einem starken eine Reihe schwacher Schläge, nach diesen wieder ein starker u. s. w. In solchen Fällen bewirkt die Reizung des verstärkenden Nerven das Eintreten gleichmässiger starker Pulsschläge, sowohl während der Reizung selbst, als auch noch lange Zeit nach derselben (Taf. VII, Fig. 10).

V.

Wir unterzogen sodann einer eingehenden Bearbeitung die Frage über diejenigen Bahnen, auf welchen die verstärkenden Fasern das Herz aus dem Centralnervensystem erreichen.

Wir begannen die hierauf bezüglichen Versuche mit Untersuchung der Ansa Vieussenii auf verstärkende Fasern.

Hier der erste Versuch.

Die gewöhnliche Anordnung. Gereizt werden: der obere und untere Ast der Ansa sowohl vor als nach Durchschneidung des starken inneren Zweiges, und des Vergleichs wegen der obere innere und der starke innere Zweig. Ich führe bloss das mittlere Stadium des Versuches an, wobei ich noch hinzufügen will, dass die entsprechenden Reizungen bei wiederholter Anwendung immer ein und dieselben Resultate ergaben.

Blutdruck in 10″.	Zahl der Herzschläge in 10″.
55	$13^1/_2$
55	$13^1/_2$
55	$13^1/_2$

Reizung des oberen Astes der Ansa. Rollenabstand $8 \cdot 5^{\text{cm}}$.

Der Druck sinkt sogleich auf 50^{mm}, wobei seltene summarische Wellen registrirt werden, nach denselben einige gespaltene, sodann steigt während der übrigen 10″ der 15 secundigen Reizungsperiode der Druck bis 68^{mm} bei einer Pulsfrequenz von 25 normalen Schlägen in 10″.

Ende der Reizung.

67	25
66	24
63	21
63	18
66	17
64	16
62	15½
60	15

Entsprechende Reizung des unteren Astes der Ansa.

Gleichfalls Druckabnahme, summarische und nach diesen gespaltene Wellen, sodann gegen Ende der 15 secundigen Reizungsdauer Steigen des Druckes bis auf 75 mm bei einer Frequenz von 27 normalen Schlägen in 10″.

Ende der Reizung.

75	27
75	26
70	25
67	22
70	19
70	18
68	17
66	17
62	17
61	16
58	16

Reizung des oberen inneren Astes. Rollenabstand 8·5 cm.

53	11	summarische Wellen
Ende der Reizung.		
56	12	gespaltene Wellen
56	23	normale Wellen
58	20½	
58	18	
59	16½	
58	15	
58	15	
58	15	
Der starke innere Zweig durchschnitten.		
58	14	
58	14	
58	14	

58	14	
57	14	
Reizung des unteren Astes der Ansa.	Rollenabstand 8·5 cm.	
50	10	Summarische Wellen.
58	12	
56	13	
Ende der Reizung.		
58	13	Summarische Wellen.
58	12	
58	11	
56	17 1/2	Von hier an normale Wellen.
56	16	
58	15 1/2	
57	15	
56	15	
Reizung des oberen Astes der Ansa.	Rollenabstand 8·5 cm.	
52	10	Summarische Wellen.
50	13	
50	13	
Ende der Reizung.		
54	11	Gespaltene Wellen.
55	18	Von hier an normale Wellen.
56	16	
56	14 1/2	
57	14 1/2	

Reizung des starken inneren Zweiges. Rollenabstand 8.5 cm.

Der Druck sinkt sogleich bis auf 50 mm, wobei summarische Wellen, nach ihnen einige gespaltene registrirt werden; um die achte Secunde der 15secundigen Reizungsperiode steigt der Druck bis auf 68 mm, auf welcher Höhe er bis zum Ende der Reizung stehen bleibt bei einer Frequenz von 26 normalen Schlägen in 10″.

Ende der Reizung.		
70	27	
74	26	
75	24	
78	22 1/2	
82	20 1/2	
78	20	
73	19	
70	18	u. s. w.

Es ist klar, dass die beiden Zweige der Ansa im gegebenen Falle die Herzthätigkeit auf ganz dieselbe Art beeinflussen, wie auch der starke innere Zweig, d. h. den Druck gleichfalls steigern und die in Folge starker Beschleunigung beginnende Disharmonie aufheben, jedoch nur so lange, bis der starke innere Zweig nicht durchschnitten ist. Somit gehen die den Druck steigernden und die Disharmonie aufhebenden Fasern aus der Ansa in den starken inneren Zweig über (Taf. VII, Figg. 11 und 12).

Um den Versuch noch überzeugender zu gestalten, habe ich die anatomische Durchschneidung durch die „physiologische“, d. h. temporäre Vernichtung der Leitungsfähigkeit ersetzt und konnte auf solche Weise die Durchschneidung mehrere Male wiederholen, wie man die Reizung wiederholt. Diese Modification der Methode beseitigt jeden Zweifel über etwa mögliche Einmischung spontaner Veränderungen der Reizeffecte in Abhängigkeit von der Dauer des Versuches. Die Vernichtung der Leitungsfähigkeit wurde durch Einlegen des Nerven in Schnee oder Eis erzielt. Nach der mehr oder weniger langen Zeit wurde der Nerv aus dem Schnee herausgenommen, in die Wunde gelegt, wobei er sich erwärmte und die Leitungsfähigkeit von Neuem gewann.

Hier ein Versuch solcher Art.

Die gewöhnliche Versuchsanordnung. Durchschnitten die beiden Zweige der Ansa Vieussenii, intact geblieben: der obere innere, der starke innere und der untere innere Zweig. Da der starke innere Zweig dieses Mal viele verlangsamende Fasern enthielt, wurde das Thier mit Atropin vergiftet.

Ich beginne direct mit den unmittelbar vor dem Einlegen in Schnee ausgeführten Reizungen, da die früheren in entsprechender Weise dasselbe Resultat ergaben.

Blutdruck in 10″.	Zahl der Herzschläge in 10″.
60	17
60	17
Reizung des oberen inneren Zweiges.	Rollenabstand 8 cm.
58	22
Ende der Reizung.	
60	25
60	25
60	21
60	20

Reizung des starken inneren Zweiges. Rollenabstand 8 cm.

Sofortiges Sinken des Druckes auf 55 mm, wobei summarische, nach denselben 2—3 gespaltene Wellen registrirt werden, gegen die 7. Secunde der 10secundigen Reizungsdauer ein Steigen des Druckes bis auf 70 mm bei einer Frequenz von 32 normalen Schlägen in 10″.

Ende der Reizung.

69	32
66	30 1/2
66	27
65	25
63	23
62	23
62	21 1/2
60	21 1/2

Reizung des unteren inneren Zweiges. Rollenabstand 8 cm.

57	23

Ende der Reizung.

57	25
57	25
57	23 1/2
59	21 1/2
59	21 1/2
60	20 1/2
60	20

Reizung des unteren Zweiges der Ansa. Rollenabstand 8 cm.

Sofort ein Sinken des Druckes auf 47 mm, gleich darauf ein Steigen desselben; zuerst werden summarische, nach diesen einige gespaltene, endlich normale Wellen registrirt; gegen die 7. Secunde der 10 secundigen Reizungsperiode erreicht der Druck die Höhe von 70 mm.

Ende der Reizung.

73	33
69	31
67	29
66	25 1/2
64	23
62	22 1/2
61	22
60	21 1/2

Reizung des oberen Zweiges der Ansa. Rollenabstand 8 cm.

Rasches Sinken des Druckes auf 50 mm, sodann ein Steigen desselben; zuerst bei summarischen, gespaltenen und endlich normalen Wellen. Gegen die 8. Secunde der 10 secundigen Reizungsperiode beträgt der Druck 70 mm.

Ende der Reizung.

68	33
67	31
66	29

65	26	
64	24	
62	23	
61	22	
60	22	

Der starke innere Zweig in Schnee gelegt.

57	18	
57	17½	
57	18	
57	17	

Reizung des unteren Zweiges der Ansa. Rollenabstand 8 cm.

Rasches Sinken des Druckes auf 48 mm, sodann steigt derselbe auf 53 mm bei summarischen Wellen.

Ende der 10-secundigen Reizungsperiode.

56	16	Summarische Wellen.
56	15	
56	14	

Der Schnee entfernt und der Nerv in seine Lage gebracht.

54	13	Summarische und gespaltene Wellen.
57	23	Von hier an normale Wellen.
57	20½	
58	20	
57	19	
58	18	
58	19	
58	18	
57	17	
57	17	

Reizung des unteren Zweiges der Ansa. Rollenabstand 8 cm.

Ein rasches Sinken des Druckes auf 50 mm, sodann allmähliches Steigen desselben; zuerst bei summarischen, dann bei gespaltenen und endlich normalen Wellen; gegen die 10. Secunde der Reizung erreicht derselbe die Höhe von 65 mm.

Ende der Reizung.

64	32	
61	28	
60	25	
60	23½	
59	20	

58	21
56	21
56	20
54	19

Reizung des oberen Zweiges der Ansa. Rollenabstand 8 cm.

Der Druck sinkt rasch auf 47 mm; erreicht sodann bei summarischen, gespaltenen und endlich normalen Wellen (10. Secunde der Reizung) die Höhe von 62 mm.

62	31

Ende der Reizung.

61	29
60	28
60	25
60	22
59	$20^1/_2$
58	20
56	$19^1/_2$
56	$18^1/_2$
55	19
54	18

Der starke innere Zweig von Neuem in Schnee gelegt.

55	18
54	18
55	18

Reizung des oberen Zweiges der Ansa. Rollenabstand 8 cm.

Der Druck sinkt rasch bis 45 mm; steigt sodann allmählich bei summarischen Wellen (9. Secunde der Reizung) auf 53 mm.

53	$15^1/_2$ Summarische Wellen.

Ende der Reizung.

54	$15^1/_2$ Summarische Wellen.

Der Schnee entfernt und der Nerv in seine normale Lage gebracht.

54	13 Summarische Wellen.
55	24 Von hier an normale
56	$21^1/_2$ Wellen.
54	21
56	21
56	20
55	$19^1/_2$
55	$19^1/_2$
53	19
52	18

50	18
50	18

Reizung des unteren Zweiges der Ansa. Rollenabstand 7·5 cm.

Der Druck sinkt rasch auf 47 mm; steigt sodann allmählich bei gespaltenen, später normalen Wellen (8. Secunde der Reizung) auf 58 mm.

58	23
Ende der Reizung.	
58	26
57	25
56	23
55	21½
55	20
53	19
53	18
52	18
50	18

Reizung des oberen Zweiges der Ansa. Rollenabstand 7·5 cm.

Rasches Sinken des Druckes auf 46 mm; sodann ein Steigen desselben bei gespaltenen und normalen Wellen (10. Secunde der Reizung) auf 57 mm.

57	25
Ende der Reizung.	
57	27
55	25
53	23
52	21
52	19
52	17½
53	17
51	17
50	17
Der starke innere Zweig mit einer Scheere durchschnitten.	
49	17
50	17
50	16½
49	16
48	16
49	16

Reizung des unteren Zweiges der Ansa. Rollenabstand 7.5 cm.

Der Druck sinkt rasch auf 42 mm; steigt sodann bei summarischen Wellen auf 49 mm (7. Secunde der Reizung).

49	14	Summarische Wellen.
Ende der Reizung.		
50	14	Summarische Wellen.
50	12	Gespaltene Wellen.
48	21	Von hier an norm. Wellen.
47	19	
47	18	

Reizung des oberen Zweiges der Ansa. Rollenabstand $7 \cdot 5^{cm}$.

Rasches Sinken des Druckes auf 42^{mm}. Sodann ein Steigen desselben bei gespaltenen Wellen auf 46^{mm}.

47	12	Gespaltene Wellen.
Ende der Reizung.		
48	11	Gespaltene Wellen.
47	20	
47	18	
48	16	
47	16	

Reizung des oberen inneren Zweiges. Rollenabstand $7 \cdot 5^{cm}$.

Der Druck sinkt rasch bis 43^{mm} und steigt sodann bei normalen Wellen bis auf 54^{mm}.

54	25	
Ende der Reizung.		
54	26	
55	26	
54	24	
52	21	
51	19	
50	19	u. s. w.

In den beiden angeführten Versuchen beseitigten die verstärkenden Fasern der Ansa den Zwiespalt, welchen die in demselben Nerven enthaltenen beschleunigenden Fasern bewirkt hatten. Der Versuch kann jedoch auch in der Weise angestellt werden, dass die Ansa auch diejenige Disharmonie, welche durch Reizung anderer Nervenzweige entstanden, beseitigen wird. Solches wird am leichtesten erreicht, wenn man die Reizung der äusseren Zweige mit derjenigen der Ansa combinirt (Taf. VII Fig. 13 u. 14).

Gewöhnliche Versuchsanordnung. Der Hund mit Atropin vergiftet, da der Halsvagus gleichzeitig auf die Anwesenheit von verstärkenden Fasern untersucht werden soll. Der starke innere Zweig wird natürlich nicht durchschnitten.

Blutdruck in 10″.	Zahl der Herzschläge in 10″.
85	17
85	17
Reizung des rechten Halsvagus. Rollenabstand 8·5 cm.	
85	22
Ende der Reizung.	
86	20
86	18
86	17 1/2
86	18
Reizung des starken inneren Zweiges. Rollenabstand 8·5 cm.	
96	28
Ende der Reizung.	
97	30
94	25
94	21
91	20
81	18
80	18

Reizung der beiden Zweige der Ansa zugleich. Rollenabstand 8·5 cm.

Der Druck sinkt rasch bis auf 70 mm bei gespaltenen Wellen, steigt jedoch gleich wieder unter normalen Herzschlägen gegen Ende der 10 secundigen Reizungsperiode bis auf 90 mm.

Ende der Reizung.	
91	32
95	27 1/2
92	25
87	23
74	16
74	16
74	16

Reizung des äusseren unteren Zweiges. Rollenabstand 8·5 cm.

Der Druck sinkt sofort bis auf 60 mm bei summarischen Wellen, erreicht darauf jedoch rasch die Höhe von 64 mm, auf welcher Höhe er auch während der 10 secundigen Reizungsperiode verbleibt.

Ende der Reizung.	
64	16 Summarische Wellen.
64	15 Summarische Wellen.
76	25 Von hier an norm. Wellen.
76	23 Normale Wellen.

77	$15^1/_2$
76	$15^1/_2$
76	$15^1/_2$

Reizung des äusseren unteren Zweiges. Rollenabstand 8·5 cm.

Der Druck sinkt rasch bis auf 60 mm anfangs unter häufigen normalen, später gespaltenen Wellen.

64	$14^1/_2$ Summarische Wellen.

Gleichzeitige Reizung des rechten Halsvagus. Rollenabstand 8·5 cm.

58	15

Ende beider Art Reizungen.

50	15 Summarische Wellen.
56	Zuerst summarische, sodann gespaltene und endlich normale Wellen.
60	23
64	21
67	19
71	18
74	18
73	18
72	$17^1/_2$
70	$17^1/_2$
68	17
67	$16^1/_2$
66	17

Reizung des äusseren unteren Zweiges. Rollenabstand 8·5 cm.
Der Druck sinkt sogleich bis auf 54 mm.

60	14 Summarische Wellen.

Gleichzeitige Reizung der Ansa. Rollenabstand 8·5 cm.

Nach 3 bis 5 Secunden steigt der Druck rasch bis auf 68 mm und treten statt der summarischen normale Wellen auf.

73	30

Ende beider Art Reizungen.

78	31
84	28
88	$26^1/_2$
85	24
82	22
77	21
72	20

60	$15^1/_2$
60	$15^1/_2$
60	$15^1/_2$

Reizung des äusseren unteren Zweiges. Rollenabstand 8 cm.

Der Druck sinkt rasch bei beschleunigten normalen Wellen bis auf 50 mm, steigt sodann bei summarischen Wellen auf 60 mm.

60	13 Summarische Wellen.

Gleichzeitige Reizung der Ansa. Rollenabstand 8 cm.

Der Druck steigt rasch bis auf 72 mm, wobei statt dor summarischen normale beschleunigte Wellen eintreten.

68	30

Ende beider Art Reizungen.

64	28
68	30
77	26
80	24
79	22
74	$20^1/_2$
69	19
67	$18^1/_2$
64	18
60	17

Reizung des äusseren unteren Zweiges. Rollenabstand 8 cm.

Der Druck sinkt rasch bis auf 52 mm.

52	$13^1/_2$ Summarische Wellen.

Gleichzeitige Reizung des linken Halsvagus. Rollenabstand 8 cm.

51	15 Summarische Wellen.

Ende beider Reizungen.

50	Summarische, gespaltene und endlich normale Wellen.
50	27
54	24
57	22
58	19 u. s. w.

Die drei angeführten Versuche stellen ausser allen Zweifel, dass die verstärkenden Fasern aus dem centralen Nervensystem durch die Ansa Vieussenii zum Herzen gehen. Somit ist die Ansa ein complicirter Herznerv, in welchem sowohl beschleunigende als auch verstärkende Fasern enthalten sind. Die beschleunigenden Fasern erreichen das Herz aus der Ansa hauptsächlich durch die äusseren Herznervenzweige (theilweise auch durch viele andere), während die verstärkenden ausschliesslich (in vielen,

jedoch nicht allen Fällen) durch den starken inneren Zweig gelangen. Somit erscheint die Ansa als rein beschleunigender Nerv bloss nach der Durchschneidung des starken inneren Zweiges (wenn in letzterem alle verstärkenden Fasern enthalten sind).

Aus dem letzten Versuche ersehen wir auch, dass die verstärkenden Fasern in dem Halstheile des Vagosympathicus nicht enthalten sind. So oft wir auch diesen an Hunden (an welchen allein diese Versuche ausgeführt wurden) reizten, so haben wir dennoch niemals weder Druckerhöhung noch Beseitigung der Disharmonie beobachtet.

Zu ganz demselben Schlusse über den Gang der verstärkenden Nerven haben uns auch die Versuche über den Einfluss der Ansa und des N. vagus auf den Contractionsprocess geführt. Was den Halsvagus anbetrifft, so wurde in keinem einzigen Versuche bei Reizung desselben (natürlich bei Vergiftung mit Atropin) irgend etwas beobachtet, was an die charakteristische Veränderung der Contraction, wie sie bei Reizung des starken inneren Zweiges wahrgenommen wird, erinnerte. Dagegen erscheint die Curve der Ansa derjenigen der verstärkenden Zweige sehr ähnlich. Betrachtet man die beigefügten Zeichnungen (Taf. VIII, Figg. 16 u. 17), so kann man leicht bemerken, dass bei intactem starken inneren Zweige die von der Ansa und dem äusseren Zweige erhaltenen Curven sich von einander bedeutend unterscheiden. Während unter dem Einflusse des letzteren zuerst und zwar auf lange Zeit die Linie der Pause schwindet, bleibt die letztere an der Curve der Ansa, ungeachtet einer gleichen Beschleunigung, die ganze Zeit über deutlich bemerkbar. Dieser Unterschied verschwindet jedoch, sobald der starke innere Zweig durchschnitten ist; die Ansa giebt jetzt genau dieselbe Curve, wie der äussere Zweig. Leider sind entsprechende Versuche nicht ausführlich genug von uns angestellt worden.

Auf Grund dieser und früher angeführter Versuche ist es leicht verständlich, warum Baxt, indem er nur die Ansa reizte, ein und denselben Fasern das zugeschrieben hat, was eigentlich die Function von zwei verschiedenen Nerven ausmacht.

Die Abwesenheit verstärkender Fasern im Halstheile des N. vagosympathicus war für uns etwas Unerwartetes, da wir auf Grund unserer vorläufigen Versuche (siehe den Anfang dieser Arbeit) für wahrscheinlich hielten, dass die verstärkenden Fasern auch im Vagus enthalten seien. Es muss also eine andere Erklärung aufgebracht werden für die Thatsache, dass bei der Erstickung der Thiere in der Periode, wenn der Druck zu sinken beginnt, in Folge Reizung des Vagus ein Steigen des Druckes oder wenigstens kein weiteres Sinken desselben beobachtet wird. Die Erklärung fand sich sehr leicht. Bei Vergiftung des Thieres mit Atropin verschwand diese Erscheinung; letztere hält nur an, so lange bei Reizung des Vagus

die Verlangsamung eintritt. Die Steigerung der Arbeit des Herzens bei Reizung des Vagus ist somit das Resultat der Verlängerung der Pause. Letzteres ist auch leicht verständlich. Das Herz arbeitet unter ungünstigen Bedingungen: seine Ernährung ist spärlich, die zu leistende Arbeit dagegen beträchtlich. Daher kann das Herz während der kurzen Ruhezeit sich nicht genügend erholen, wesshalb die Erschöpfung desselben immer mehr zunimmt. Indem die Pause länger wird, erhält das Herz die Möglichkeit, auch unter den gegebenen Bedingungen einen besseren Zustand zu erreichen, daher auch die nachfolgende Contraction stärker wird. Von solchem Standpunkte betrachtet, erscheint auch die physiologische Bedeutung der verlangsamenden Fasern gut verständlich. Besagte Fasern könnten somit als Regulatoren der Herzerholung angesehen werden. Von solchem Standpunkte wäre es verständlich, wozu die Druckerhöhung gewöhnlich mit der Verlangsamung Hand in Hand geht. Offenbar tritt nach einer jeden stärkeren Contraction auch eine grössere Erschöpfung ein, weshalb auch das Bedürfniss einer desto längeren Ruhezeit sich einstellt.

Die oben angeführten Versuche berechtigen uns zu dem Schlusse, dass die Arbeit des Herzens von vier centrifugalen Nerven regiert werde: dem verlangsamenden, beschleunigenden, schwächenden und verstärkenden.

Ich halte es für nützlich, noch einmal in einem allgemeinen Bilde die Vertheilung der vier Arten von Herznervenfasern in den verschiedenen Herzzweigen des Hundes anzuführen.

Der Mehrzahl der abgebildeten Zweige kommen gewisse Functionen beständig, andere dagegen bloss zufällig zu. In dem starken inneren Zweige befinden sich beständig, oft auch ausschliesslich (d. h. wenn er allein dieselben enthält) die verstärkenden Fasern der Ventrikel. Zu ihnen gesellen sich einzeln oder zusammen alle übrigen Herznervenfasern. Am häufigsten und bedeutendsten ist die Beimischung der beschleunigenden Fasern. Die verlangsamenden Fasern kommen beständig und in bedeutender Anzahl in den nächstfolgenden unteren inneren Zweigen vor, in welchen zuweilen auch die beschleunigenden Fasern angetroffen werden. Die äusseren Zweige besitzen eine beständige und sehr starke beschleunigende Wirkung. Bloss in seltenen Fällen enthält der obere äussere Zweig auch noch verstärkende Fasern, wobei derselbe dann eine mehr vordere Lage annimmt. Der obere innere Zweig, wenn er vorhanden ist, enthält gewöhnlich beschleunigende Fasern entweder allein oder in Gemeinschaft mit verlangsamenden oder verstärkenden Fasern. Die schwächenden Fasern findet man unbestimmt in den inneren Aestchen vertheilt, am häufigsten jedoch trifft man dieselben im starken inneren Zweige an.

VI.

In diesem Kapitel führe ich bruchstücksweise gesammeltes und nicht ausgearbeitetes Material, sowie einige Vermuthungen und theoretische Erwägungen an.

Man kann, wie es scheint, mit Bestimmtheit annehmen, dass die neuen Nerven sich nicht in einem gewissen Punkte oder Gegend des Herzens sammeln, wie solches für die rhythmischen Nerven wahrscheinlich der Fall ist, sondern dass sie sich über das ganze Herz verbreiten, indem einzelne Verästelungen derselben verschiedene Herzabschnitte innerviren. Wir haben bis jetzt die neue Innervation blos der Ventrikel studirt. Aus den Beobachtungen anderer Autoren (Nüel an Kaninchen und Fröschen, Gaskell an Schildkröten u. s. w.) folgt jedoch, dass auch die Vorhöfe entsprechende Innervation besitzen. Dass die Innervation der Contractionskraft verschiedener Herzabschnitte in der That eine mehr oder weniger gesonderte, folgt schon aus dem Umstande, dass sowohl bei mehreren Autoren in Versuchen an gleichen Thieren, als auch bei ein und demselben Autor in Versuchen an verschiedenen wenn auch nahestehenden Thieren die Veränderung der Contractionskraft unter Einfluss der Nerven sich bald auf diesen bald auf jenen Herzabschnitt beschränkte. Unsere Beobachtungen und Versuche bestätigen diese Voraussetzung in vollem Maasse. Während der Reizung des starken inneren Zweiges, wenn schon das Auge eine energische und rasche Contraction der Ventrikel wahrnimmt, bemerken wir keine entsprechende Veränderung in den Bewegungen der Vorhöfe. Bei Reizung der äusseren Zweige dagegen, wenn die Ventrikel häufiger zu schlagen begannen, wurden ihre Bewegungen oberflächlich, wogegen die Vorhöfe sich energisch und schnell contrahirten. Somit sind die verstärkenden Fasern der Ventrikel in dem starken inneren Zweige, die der Vorhöfe in den äusseren Zweigen enthalten. Solches Verhalten entspricht auch vollkommen dem anatomischen Verlaufe dieser Zweige, die äusseren Zweige verlieren sich augenscheinlich in den Vorhöfen, der starke innere Zweig dagegen vertheilt sich in seinem Hypttheile in den Ventrikeln. Dementsprechend konnte man auch bei Reizung der schwächenden Fasern zwischen den sichtbaren Veränderungen der Vorhöfe und den Schwankungen des Blutdruckes d. h. den Veränderungen der Contractionsstärke der Ventrikel keine Uebereinstimmung wahrnehmen. — Der von uns verfochtene Satz findet in unseren Versuchen an ausgeschnittenen Herzen besondere Bestätigung.

Gewöhnlich wurden die Herzen der Thiere benutzt, an welchen verschiedene oben angeführte Versuche angestellt worden. Diese Herzen erwiesen sich dank der allmählichen und bedeutenden Abkühlung der Thiere oft von beträchtlicher Lebensfähigkeit. An einigen konnte man noch nach Ver-

lauf einer Stunde und mehr mittels der Nerven locale Bewegungen hervorrufen.

Nachdem gewisse Vorsichtsmaassregeln behufs Beseitigung der Täuschung seitens der Stromschleifen ergriffen worden, reizten wir den starken inneren Zweig des rechten Vagus (an dessen Ende oder in der Nähe der Ventrikel) den entsprechenden Zweig des linken Vagus (bloss in der Nähe des Ventrikels) und endlich die äusseren Zweige des rechten Vagus.

Wenn an den Vorhöfen gänzliche Ruhe eintritt (eigentlich am rechten, wo es gewöhnlich allein beobachtet wurde), ruft die Reizung der äusseren Zweige beständig rhythmische Contractionen hervor, welche, grösstentheils an einem gewissen Punkte beginnend, zuerst schwach sind, sodann immer stärker werden und sich peristaltisch verbreiten um endlich einen bedeutenden Theil des Vorhofs zu umfassen. — Nur in Ausnahmsfällen beginnen zugleich mit den Vorhöfen auch die Ventrikel rhythmisch zu schlagen, doch gehen die Contractionen der Vorhöfe immer denen der Ventrikel voraus und sind von letzteren durch einen bemerkbaren Zeitraum getrennt. — In der Regel beginnen die Bewegungen der Vorhöfe nicht sogleich nach Anlegung der Elektroden an den Nerven; gewöhnlich vergehen einige Secunden, bevor sich die Bewegungen offenbaren. Oft erscheinen die Bewegungen erst nach aufgehobener Reizung, wenn letztere kurze Zeit angedauert hat. Ihre maximale Intensität erreicht die Bewegung fast immer nur nach der Reizung. Einmal angefangen, bleiben die Bewegungen noch sehr lange, zuweilen mehrere Minuten bestehen. — Die Reizung des starken inneren Zweiges des rechten Vagus äussert sich fast ausschliesslich an den Ventrikeln, nur selten gesellen sich zu den Bewegungen der Ventrikel auch die Bewegungen der unteren Theile der Vorhöfe. — In seltenen Fällen bewirkt der starke innere Zweig rhythmische Contractionen der Ventrikel en masse, in der Regel ruft der rechte Zweig locale (rhythmische oder peristaltische) Bewegungen des rechten Ventrikels und des vorderen kleineren Abschnittes des linken hervor, während der linke entsprechende Zweig dasselbe in Bezug auf die Hauptmasse des linken Ventrikels bewirkt. Die besonders gelungenen Versuche dieser Art sind überaus effectvoll. Es scheint, als ob man wirklich einen motorischen Nerven des Herzens in Händen habe, bloss mit dem Unterschiede von den gewöhnlichen motorischen Nerven, dass die hier erhaltenen Bewegungen rhythmische sind und nicht so rasch nach Beginn der Reizung eintreten. Während der Versuch mit Erregung der Bewegung in den Vorhöfen beständig von Erfolg begleitet ist, gelingt der Versuch an den Ventrikeln lange nicht in allen Fällen. Mir schien es wiederum, dass auch diese Versuche im Sommer einen viel günstigeren Verlauf nehmen. Man kann nicht umhin die vollkommene Uebereinstimmung der Resultate der Reizung verschiedener Zweige

am ganzen Thiere mit den Resultaten der Reizung derselben am ausgeschnittenen Herzen einzugestehen. Die äusseren Zweige, welche bei der ersten Versuchsanordnung blos ein Anwachsen der Vorhofscontractionen bedingen, rufen bei der zweiten ebenfalls nur die Bewegungen der Vorhöfe hervor. Dementsprechend wirkt auch der starke innere Zweig in beiden Fällen nur auf die Ventrikel. Daher kann man mit vollem Rechte annehmen, dass die verstärkenden Fasern, wie sie durch die im IV. Kapitel angeführten Versuche nachgewiesen worden, mit denjenigen Fasern, welche am ausgeschnittenen Herzen die Bewegungen hervorrufen oder verstärken, vollständig identisch sind.

Wie soll man sich die Natur der neuen Nerven vorstellen? Es sind zwei Ansichten möglich: entweder sind dieselben Gefässnerven oder aber specifische. Der ersten Vorstellung nach würden die schwächenden Nerven die gefässverengenden Nerven der Coronargefässe, die verstärkenden dagegen die gefässerweiternden vorstellen. Der zweiten Ansicht nach müsste man die verstärkenden Zweige als solche, die die Reizbarkeit des Herzmuskels steigern, die schwächenden dagegen als Nerven, die dieselbe vermindern, ansehen.

Vieles spricht für die vasomotorische Natur dieser Nerven. Erstens besitzen die verstärkenden Nerven eine sehr lange Periode der latenten Reizung, welche gewöhnlich mehrere Secunden beträgt, sodass man naturgemäss annehmen kann, dass dieselben mittelbar oder indirect auf das Herzgewebe einwirken. Zweitens kann man aus den bereits beschriebenen Effecten der Reizung des starken inneren Zweiges leicht ersehen, dass das gegenseitige Verhalten der schwächenden und verstärkenden Nerven an dasjenige der gefässverengernden und gefässerweiternden Nerven sehr erinnert. Anfangs, so lange beide Art Fasern noch frisch sind, behalten die schwächenden das Uebergewicht, nach mehrfach wiederholten Reizungen dagegen verlieren dieselben früher ihre Reizbarkeit, sodass der Effect der verstärkenden Nerven immer mehr in den Vordergrund tritt, bis endlich derselbe als einziges Resultat der Reizung des gemischten Zweiges wahrgenommen wird. Drittens nehmen die verstärkenden Zweige denselben Verlauf wie die Coronargefässe. Viertens spricht zu Gunsten dieser Ansicht deren Einfachheit. Dass der Grad der Ernährung auf die Thätigkeit des Herzens einen bedeutenden und raschen Einfluss ausübt, bildet heutzutage dank den Arbeiten der Ludwig'schen und Kronecker'schen Schulen einen fest begründeten Satz. Wir brauchten somit nicht ein neues Princip einzuführen. — Doch können gegen die Annahme einer solchen Erklärung einige gewichtige Gründe angeführt werden. Wir haben soeben gesehen, dass man den Einfluss der verstärkenden Nerven auch am aus-

geschnittenen blutleeren Herzen constatiren kann. Hierher gehört auch folgende von uns bloss einmal beobachtete Thatsache.

Die gewöhnliche Versuchsanordnung. Gereizt werden: der starke innere Zweig, der untere äussere Zweig und der untere Abschnitt des Vagus. Die mehrere Male geprüften Zweige wirken auf folgende Weise: der starke innere Zweig steigert den Druck, indem bloss geringe oder gar keine Beschleunigung des Rhythmus eintritt, der untere äussere ruft Beschleunigung hervor, wobei der Druck etwas sinkt, der Vagus dagegen wirkt hemmend auf die Herzthätigkeit.

	Druck in 10″.	Zahl der Herzschläge in 10″.
	29	14
	29	14
	29	14
Reizung des Vagus. Rollenabstand 8^{cm}.		
Der Herzschlag wird immer langsamer und hört endlich ganz auf.		
Ende der Reizung.		
	30	14
	29	14
	29	14
Reizung des starken innereu Zweiges. Rollenabstand 8^{cm}.		
Der Druck steigt allmählich bis auf	38	$14^{1}/_{2}$
Ende der Reizung.		
	35	$15^{1}/_{2}$
	32	$15^{1}/_{2}$
	29	14
	28	14
Reizung des unteren äusseren Zweiges. Rollenabstand 8^{cm}.		
	26	26
Ende der Reizung.		
	28	21
	28	18
	29	16 u. s. w.

Es werden in zwei Perioden 6^{ccm} Tincturae Convallaria majalis zur Hälfte mit Wasser verdünnt eingespritzt. Nach Verlauf einer Minute nach der letzten Einspritzung steigt der Druck bis auf 50^{mm}. Der Vagus bewirkt noch Verlangsamung. 1′ später stellt sich von selbst beträchtliche Pulsverlangsamung ein.

47	9
36	$6^{1}/_{2}$
36	5

	36	5
	36	4 1/2
	35	3 1/2

Herzstillstand.

Nach 6″ der erste Schlag.
„ 10″ der zweite Schlag.

2″ vor dem zweiten Schlage die Reizung des starken inneren Zweiges vorgenommen. Rollenabstand 8 cm.

Nach 5″ der dritte Schlag.
„ 3″ der vierte Schlag.

Ende der Reizung.

Der Druck steigt bis auf	35	5 1/2
	43	8
	50	10
	50	11
	50	11 1/2
	50	13

Reizung des Vagus. Rollenabstand 8 cm.

Der Druck sinkt bis auf	38	13

Ende der Reizung.

52	13

Reizung des äussereren unteren Zweiges. Rollenabstand 8 cm.

Herzstillstand.

10″ später wird die Reizung eingestellt.

Nach Verlauf von anderen 10″ wird der starke innere Zweig gereizt. Rollenabstand 7.5 cm.

Nach 6″ der erste Schlag, sodann steigt der Druck bis auf

36	5
36	5

Ende der Reizung.

51	14
54	12
54	12

Reizung des unteren äusseren Zweiges. Rollenabstand 7·5 cm.

Während 20″ sinkt der Druck auf 40 mm bei 22 Schlägen in 10″, dann Herzstillstand.

Ende der Reizung.

Herzstillstand während 12″.

Reizung des starken inneren Zweiges. Rollenabstand 7·5 cm.

Nach 12″ der erste Schlag.
Nach 8″ der zweite Schlag.
Während 10″ vier Schläge.
Während 10″ vier Schläge.
Ende der Reizung.

Während 7″		5 Schläge.
Der Druck steigt bis auf	56	$12^1/_2$
	58	15
	52	14
	55	8

Herzstillstand während 16″
Reizung des starken inneren Zweiges. Rollenabstand 7 cm.
Nach 15″ der erste Schlag.
Während der folgenden 8″ steigt der Druck bis auf 40″
Ende der Reizung.

50	14
55	14
60	12

Herzstillstand.
Nach 24″ der erste Schlag.
Nach 26″ der zweite Schlag.
Nach 15″ der dritte Schlag.
Nach 8″ der vierte Schlag.
Nach 18″ der fünfte Schlag.
Reizung des starken inneren Zweiges. Rollenabstand 7 cm.

Der Druck seigt bis auf	40	10′
	Ende der Reizung.	
	54	14
	58	15 u. s. w.

Ueber diesen Versuch müssen wir Folgendes bemerken. Er nimmt unter den Versuchen, in welchen die Vergiftung mit Convallaria majalis vorgenommen wurde, eine besondere Stellung ein. Hier wird nach der Vergiftung die gewöhnliche bedeutende Drucksteigerung nicht beobachtet, dagegen traten die mehrfachen Herzstillstände ein, was in anderen Versuchen nicht der Fall war.

Somit äussert sich der Effect des verstärkenden Zweiges am Herzen auch dann, wenn der Blutlauf aufgehoben und in den Coronargefässen selbst nur sehr wenig Blut enthalten ist.

Die Thatsachen scheinen also zu Gunsten der Specificität unserer Nerven zu sprechen.

In letzter Zeit jedoch ist in der Wissenschaft eine Thatsache bekannt geworden, welche die Ansicht über die Wirkungsweise der Gefässnerven wesentlich verändert.

In Heidenhain's Laboratorium[1] wurde bewiesen, dass die paradoxe Einwirkung des N. lingualis auf die Zungenmuskeln nach der Degeneration des N. hypoglossus von den gefässerweiternden Fasern des ersten Nerven abhängt. Somit erscheint als Reiz für die Muskeln unter ähnlichen Bedingungen der verstärkte Blutstrom. Da die paradoxe Einwirkung des N. lingualis auch an der ausgeschnittenen Zunge stattfinden kann, so muss angenommen werden, dass die Wirkung der gefässerweiternden Nerven auf das Gewebe bei minimaler Quantität des auch in Gefässen ruhenden Blutes fortdauern kann. Somit kann unseren letztangeführten Beobachtungen an dem ausgeschnittenen oder stillstehenden Herzen keine entscheidende Bedeutung in der Frage über die Natur der neuen Herznervenfasern zugeschrieben werden — selbstverständlich muss die endgültige Entscheidung der Frage den directen Versuchen über den Blutstrom in den Coronargefässen und dessen Veränderungen in Folge der Reizung verschiedener Herznervenzweige überlassen bleiben. Die letzteren Versuche beabsichtigen wir baldigst in Angriff zu nehmen.

VII.

Zum Schlusse wollen wir einen, wenn auch kurzen Ueberblick über die Litteratur unserer Frage bringen. Lange Zeit existirten in Bezug auf die neue, von der rhythmischen sich unterscheidende Innervation des Herzens bloss einzelne Vermuthungen. So viel mir bekannt, ist Aubert[2] der Erste gewesen, welcher auf eine besondere tonische Innervation des Herzens hingewiesen hat. Seine Voraussetzung fand jedoch keinen Anklang in der physiologischen Welt. Letzteres erscheint auch begreiflich, da fast alle von ihm angeführten Beobachtungen leicht andere einfachere, den herrschenden Ansichten mehr entsprechende Erklärungen zuliessen. Der einzige charakteristische Versuch, nämlich Sinken des Druckes mit unbedeutender Verlangsamung bei Reizung des N. vagus nach Coffeïnvergiftung (offenbar unseren Versuchen mit Convallaria analog) war leider in experimenteller Hinsicht nicht tadellos genug angestellt worden. Der Halsvagus konnte ausser auf das Herz auch noch auf die Lungen und die Baucheingeweide wirken, da entsprechende Durchschneidungen nicht ausgeführt worden waren.

---

[1] Heidenhain, Ueber pseudomotorische Nervenwirkungen. *Dies Archiv.* 1883; — Rozowicz, Ueber pseudomotorische Wirkung der Ansa Vieussenii auf die Gesichtsmuskeln. Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XXXVI.

[2] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. V.

Ferner sprach Nuel[1] unter Anderem den Gedanken aus, dass es besondere, die Reizbarkeit des Herzmuskels herabsetzende Nerven geben könnte.

Endlich ist in späterer Zeit die Voraussetzung über eine besondere, direct auf die Reizbarkeit des Herzmuskels einwirkende Innervation auf Grund einiger indirecten Versuche vom englischen Physiologen Gaskell[2] mit mehr Nachdruck betont worden.

Derselbe Autor hat etwas später, kurz vor mir, auch den anatomischen Beweis für die Lehre von einer besonderen Innervation des Herzens geliefert.[3]

Ich erlaube mir seine Versuche eingehender anzuführen, da die Uebereinstimmung unserer an sehr verschiedenartigen Thieren (Schildkröte und Hund) gewonnenen Resultate von grossem Interesse ist und die beste Garantie für die Richtigkeit der von uns beobachteten Thatsachen darbietet. Gaskell fand nämlich bei der Testudo graeca, dass, während der rechte Vagus den Rhythmus auf die gewöhnliche Weise beeinflusst, d. h. sowohl Verlangsamung, als auch Beschleunigung hervorruft, der linke den Rhythmus entweder gar nicht oder nur schwach verändert, dagegen beständig die Contractionsstärke der Vorhöfe sowohl im Sinne einer Verminderung als auch Steigerung derselben beeinflusst. Doch blieb Gaskell auf diesem Punkte nicht stehen, und es wurden seine Bemühungen, eine genaue und beständige Isolation der auf die Contractionskraft wirkenden Fasern von den rhythmischen zu erreichen, vollständig von Erfolg gekrönt. Reine dynamische Fasern, wenn man dieselben so nennen darf, wurden in demjenigen Nerven (N. coronarius nach dem Autor) gefunden, welcher von den Sinusganglien zu den Ventrikelganglien verläuft. Die Wirkung dieses Nerven auf die Contractionsstärke ist eine doppelte: eine sowohl verstärkende, als auch schwächende. Der eine oder der andere Effect offenbart sich auf folgende

---

[1] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. IX.

[2] *Proceedings of the Royal Society.* 1881. Nr. 217.

[3] Die vorläufige Mittheilung Gaskell's über Schildkröten erschien 1882 im Augusthefte von „*The Journal of Physiology*", die Arbeit selbst ein Jahr später in derselben Zeitschrift. Ich selbst wurde mit der vorläufigen Mittheilung Gaskell's erst im Anfange des Jahres 1883 bekannt, so dass meine ersten Untersuchungen unabhängig von den seinigen ausgeführt worden. Meine erste vorläufige Mittheilung, welche die Versuche mit Convallariavergiftung enthält, erschien in der „*Wöchentlichen klinischen Zeitschrift*" von Botkin, Nr. 26, September 1882; Ende October desselben Jahres demonstrirte ich in einer der Sitzungen der zoologischen Section der bei der Petersburger Universität bestehenden Naturforschergesellschaft die Curven, welche die Steigerung und das Sinken des Blutdruckes ohne Veränderung des Rhythmus in Folge der Reizung verschiedener Herznervenzweige angaben. Diese und weitere Resultate erschienen in Form von vorläufigen Mittheilungen in der „*Wöchentlichen klinischen Zeitschrift*" von Botkin 1882 und 1883, ferner in meiner Inauguraldissertation 1883 (russisch) und in deutscher Sprache in zwei vorläufigen Mittheilungen im *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften* 1883 und 1885.

Art: anfangs in Folge der Reizung wird Schwächung der Contractionen, welche während der Reizungszeit anhält, wahrgenommen und bloss nach dem Einstellen der Reizung tritt als Nachwirkung die Verstärkung der Contractionen hervor. Bei weiteren Reizungen wird die Verstärkung schon während der Reizung beobachtet, wogegen die Periode der Schwächung immer kürzer wird, bis endlich die Verstärkung als einziger und unmittelbarer Effect der Reizung sich offenbart. Die Wirkung des N. coronarius kann noch auf andere Weise offenbart werden. Wird das Herz an einer gewissen Stelle verschieden stark abgeklemmt, oder mehr oder weniger tief eingeschnitten, so tritt eine Disharmonie im Rhythmus der über und unter der insultirten Stelle gelegenen Herztheile ein: der untere Theil schlägt bloss mit jedem zweiten, dritten u. s. w. Schlage des oberen Theiles zugleich. In seiner ersten Wirkungsphase, d. h. wenn er die Herzschläge schwächt, ruft der N. coronarius die Disharmonie hervor oder steigert dieselbe, in der zweiten dagegen beseitigt er die Disharmonie oder macht sie geringer. Die dynamischen Fasern besitzen gleichfalls die Fähigkeit, die Ungleichmässigkeit der Herzschläge entweder hervorzurufen oder zu beseitigen (je nach der Phase). — Die grosse Aehnlichkeit zwischen den Thatsachen Gaskell's und den meinigen tritt somit deutlich hervor.[1]

Gleichzeitig mit mir beschäftigte sich Wooldridge[2] im Ludwig'schen Laboratorium mit demselben anatomischen Objecte, nämlich den Ventrikelnerven (wie er sie nennt) am Hunde und gelangte in Bezug auf die von mir denselben zugeschriebene besondere centrifugale Wirkung eher zu negativen Resultaten. Dieser Widerspruch ist jedoch nicht so weitgreifend und kann, wie mir scheint, auf natürliche Weise erklärt werden. Auch Wooldridge bemerkte in zweien seiner 13 Versuche bei Reizung des hinteren Ventrikelnerven eine praegnante Steigerung des Druckes. Wie kommt es aber, dass er dieselbe nicht öfter beobachtete? Das könnte, wie auch Wooldridge selbst angiebt, daran liegen, dass die von uns constatirten Fasern in dem hinterem Ventrikelnerven nicht so oft vorkommen, als in dem vorderen, an welchem wir experimentirten.

Im December 1882 machte Pohl-Pincus[3] in der Berliner physiologischen Gesellschaft Mittheilung über einige Thatsachen, welche auf den von uns behandelten Gegenstand directen Bezug haben. Seine Versuche wurden an Fröschen angestellt. Zu den bekannten Wirkungseffecten des

---

[1] In der letzten Zeit jedoch scheint Gaskell (s. *Journal of Physiology*, t. VII) sowohl die verstärkenden Nerven mit den beschleunigenden, als auch die schwächenden mit den verlangsamenden wieder zu identificiren.

[2] *Dies Archiv.* 1883.

[3] *Ebenda.*

Vagus fügt Pohl-Pincus noch zwei andere hinzu: 1. den beschleunigenden Charakter der Diastole und 2. Erweiterung der Spalten (resp. Gefässe) des Herzens. Hinsichtlich der letzteren muss bemerkt werden, dass besagter Autor im Froschherzen zweierlei Musculatur annimmt, wobei die eine derselben, indem sie die Spalten bildet, die Rolle der Herzgefässe spielt. Verfasser unterscheidet von den beschleunigenden Nerven, als eine besondere Art, die verstärkenden d. h. solche, welche die Verstärkung der Contraction bedingen, und identificirt dieselben mit denjenigen Nerven, welche die Beschleunigung der Diastole und Erweiterung der Spalten nach sich ziehen. Endlich wird die in Folge der Vagusreizung eintretende Veränderung der Contractionsstärke mit den Veränderungen in der Nutrition in Zusammenhang gebracht.

In der ersten Nummer des „*Centralbl. f. die med. Wiss.* 1884“ ist eine vorläufige Mittheilung von N. Wedenski „Ueber die telephonischen Erscheinungen im Herzen“ veröffentlicht. Derselbe führt folgende an Hunden erhaltenen Thatsachen an. Wurde das peripherische Ende des N. vagosympathicus mit schwachen Strömen gereizt, so dass kein Herzstillstand eintritt, so konnte man im Telephon, dessen Enden in den Herzmuskeln eingeführt waren, einen künstlichen Muskelton wahrnehmen, dessen Höhe der des reizenden Inductoriums gleich war. Dieser Ton konnte nach Vergiftung mit Atropin bei Strömen verschiedener Stärke beständig wahrgenommen werden, verschwand dagegen, sobald das Thier mit Curare vergiftet wurde. Indem Verfasser diese Versuche denjenigen von Gaskell und von mir gegenüberstellt, kommt er zu dem Schlusse, dass in dem Herzvagus neue Herzfasern mit dem Charakter der gewöhnlichen motorischen enthalten seien. — Auf Grund dieser vorläufigen Mittheilung kann natürlich über die erwähnten Versuche kein bestimmtes Urtheil ausgesprochen werden. Wären diese Versuche wirklich richtig, so würde die Frage über die Natur der neuen Herznerven vollkommen entschieden sein. Leider ist jedoch Grund vorhanden, die richtige Beobachtung der Erscheinungen zu bezweifeln. Unsere obenangeführten Versuche hinsichtlich des Verlaufes der verstärkenden Nerven würden mit den telephonischen Versuchen in Widerspruch stehen, wollte man die Nerven von N. Wedenski, wie er es selbst thut, mit unseren verstärkenden identificiren. Wenn man aber auch zuliesse, dass die mittels des Telephons wahrnehmbaren Nerven von den verstärkenden sich unterscheiden sollten, so müsste sonderbar erscheinen, dass praegnante und beständig auftretende telephonische Erscheinungen von gar keinen bemerkbaren Veränderungen in der mechanischen Arbeit des Herzens begleitet werden, als ob die Nerven bloss für das Telephon da wären. Wir sind nicht im Stande für die Beobachtungen Wedenski's eine genügende Erklärung zu finden und erwarten mit lebhaftem Interesse sowohl

das Erscheinen der Arbeit selbst, als auch die Wiederholung der Versuche durch andere Forscher.

Zum Schlusse müssen wir noch der in *diesem Archiv* 1882 veröffentlichten Arbeit von Weinzweig Erwähnung thun, die, wenn aus anderen Gründen unternommen, den Thatsachen nach auf unsere Arbeit directen Bezug hat. Dieser Autor hat eine Reihe von Thatsachen erhalten, welche mit einem Theile der unserigen vollkommen übereinstimmen, ja, man könnte sagen, identisch sind. Erstens erwies sich, dass bei Muscarinvergiftung die Reizung des Halsvagus in einer gewissen Phase der Vergiftung die Contractionstärke in praegnanter Weise vermindert, ohne auf den Rhythmus einen Einfluss auszuüben. Zweitens wird bei Reizung der Ansa Vieussenii nicht nur Beschleunigung, sondern auch Verstärkung des Pulses beobachtet. Endlich konnten in einem Versuche, indem in Folge der Muscarinvergiftung Herzstillstand eingetreten war, die Herzschläge durch Reizung der Ansa wieder hervorgerufen werden, wobei solches sich mehrere Male wiederholte.

Es will mir scheinen, dass auch diese litterarische Uebersicht ihrerseits die Ueberzeugung nur bestärken könne, dass die Erweiterung der äusseren Herzinnervation in der Physiologie auf volles Bürgerrecht Anspruch erheben könne, da dieselbe auf Thatsachen begründet ist, welche an verschiedenen von einander sehr weit stehenden Thieren, mit Hülfe verschiedener Methoden und von mehreren Forschern selbständig erhalten wurden. Die bestehenden Widersprüche sind bloss indirecte und finden theilweise ihre genügende Erklärung.

Erklärung der Abbildungen.

(Taf. VII u. VIII.)

Alle Curven, mit Ausnahme von Nr. 6, sind von Hunden entnommen; die Curve Nr. 6 stammt von einer Katze. Die Nummern 15, 16 und 17 sind auf cardiographischem Wege erhalten, alle übrigen vermittelst der Manometrie. Im Falle der cardiographischen Curven entspricht die Länge von 5 cm einer Zeitdauer von etwa 10 Secunden. Bei den manometrischen Curven ist auf der Zeitlinie jede zweite Secunde mit einer besonderen Marke notirt; nur auf Fig. 5 wird jede Secunde für sich markirt. *A. d. R.* bedeutet Anfang, *E. d. R.* Ende der Reizung. Alle Curven, mit Ausnahme von Nr. 5, 15, 16 und 17 müssen von links nach rechts gelesen werden. Bei *aaa* entsprechen jeder Welle je zwei Vorhofsschläge.

Figg. 1 und 2. Reizung des peripheren Endes vom N. vagosympathicus am Halse, als der Blutdruck am Ende der Erstickung zu fallen beginnt. Der Nerv ist noch einmal im Thorax über der Abgangsstelle von den Lungenzweigen durchschnitten worden. Fig. 1: der Blutdruck wird in seinem Sinken aufgehalten; Fig. 2: der Blutdruck wird in die Höhe getrieben. Die beiden Curven stammen von zwei verschiedenen Hunden.

Fig. 3. Reizung desselben Nerven zur Zeit wo der Blutdruck in Folge der Vergiftung mit Convallaria majalis sehr hoch gestiegen ist und die Wellen der dritten Art registrirt werden. Mit der Reizung verschwinden diese Wellen.

Fig. 4. Reizung des starken inneren Zweiges. Steigerung des Blutdruckes mit Beschleunigung der Herzthätigkeit.

Fig. 5. Reizung des starken inneren Zweiges. Der Versuch ist mit einem besser construirten Manometer angestellt. Man bemerkt nicht nur die Steigerung des Blutdruckes, sondern auch die Zunahme jeder einzelnen Herzwelle.

Fig. 6. Reizung des starken inneren Zweiges bei der Katze. Steigerung des Blutdruckes ohne Veränderung des Rhythmus.

Fig. 7. Die obere Curve repraesentirt die Art. cruralis, die untere die Art. pulmonalis. Es wird der untere innere Zweig gereizt. Disharmonien zwischen den beiden Ventrikeln.

Figg. 8 und 9 gehören zu einem und demselben Versuch. Fig. 8 Reizung des unteren äusseren Zweiges. Seit dem Momente, wo der Blutdruck in Folge der Reizung sinkt, entsprechen jeder Welle der Curve zwei Contractionen der Vorhöfe; auf den eingekerbten Wellen entspricht jeder Zacke einer Contraction der Vorhöfe; wo die häufigeren Pulse mit den selteneren alterniren, entsprechen die Contractionen der Vorhöfe

den häufigeren Pulsen. Fig. 9: es wird derselbe äussere Zweig gereizt; 15 Secunden später kommt die Reizung des starken inneren Zweiges hinzu. Die Contractionen des Ventrikels werden sofort mit denen der Vorhöfe gleichzählig und der Blutdruck steigt.

Fig. 10. Reizung des starken inneren Zweiges. Vor der Reizung sah man eine kleinere kaum sichtbare Pulswelle auf eine grössere folgen; nach der Reizung wurden alle Pulse gleich gross.

Figg. 11 und 12. Reizung der Ansa vor (Fig. 11) und nach (Fig. 12) der Durchschneidung des starken inneren Zweiges. Vor der Durchschneidung kommen die summarischen Wellen zum Vorschein nur im Anfang der Reizung; nach der Durchschneidung bestehen dieselben sehr lange nach der Reizung.

Figg. 13 und 14. Einfache Reizung des äusseren Zweiges allein (Fig. 13) und combinirte Reizung desselben Zweiges mit Ansa zugleich (Fig. 14). Im zweiten Falle verschwinden die summarischen Wellen sofort.

Figg. 15, 16 und 17. Cardiographische Curven, demselben Thiere nacheinander entnommen. Fig. 15: Reizung des starken inneren Zweiges. Fig. 16: Reizung der Ansa. Fig. 17: Reizung des äusseren Zweiges. Bei der Reizung des starken inneren Zweiges wird die Linie der Pause länger auf Kosten der Verkürzung der Contractionslinie; bei der Reizung der Ansa bleibt die Linie der Pause, trotz der bedeutenden Acceleration, sichtbar; bei der Reizung des äusseren Zweiges verschwindet die Linie der Pause, obwohl die Acceleration dieselbe, wie bei der Reizung der Ansa bleibt.

Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrgang 1886—87.

I. Sitzung am 21. October 1887.

Hr. Gad berichtet über Versuche, welche die Anatomie und Physiologie der Spinalganglien betreffen und die er in Gemeinschaft mit Hrn. M. Joseph ausgeführt hat. Sie schliessen an die schon publicirten Versuche des Letzteren[1] über den gleichen Gegenstand an. Durch eine unter des verewigten Gudden's Leitung von Vejas angestellte Untersuchung war das Vertrauen in einige Ergebnisse der classischen Waller'schen Experimente erschüttert worden. Vejas hatte unter Anderem nach Trennung der hinteren Nervenwurzel vom Rückenmark die Nervenfasern des mit den Spinalganglien noch in Verbindung stehenden Stumpfes der Wurzel degenerirt gefunden. Die, wie es schien, wohlbegründete Ansicht, dass die Nervenzellen der Spinalganglien für die Erhaltung der Functionsfähigkeit der centripetalen Nervenfasern diesseits und jenseits der Ganglien, von maassgebendem Einfluss seien, ja die Auffassung von der Bipolarität der Nervenzellen der Spinalganglien war dadurch in Frage gestellt. Hrn. Joseph war es nun gelungen, den Grund für das abweichende Ergebniss, zu dem Vejas gelangt war, anzugeben und bei der entsprechend genauen Wiederholung der Experimente Waller's dessen Resultate im Wesentlichen zu bestätigen. In einem Punkte konnte er dieselben allerdings ergänzen, was bei dem Fortschritt, welchen inzwischen die mikroskopische Technik gemacht hat, nicht Wunder nehmen kann. Er wies nach, dass das Waller'sche Schema nicht auf alle centripetalen Fasern anwendbar ist, dass vielmehr zu einem, wenn auch kleinen Theil dieser Fasern die Nervenzellen des Spinalganglions in keiner trophischen Beziehung stehen. Er fand nämlich, sowohl nach Durchschneidung des gemischten Nerven peripher vom Ganglion einen Theil der Fasern der hinteren Wurzel, als auch nach Durchschneidung der hinteren Wurzel einen Theil der Fasern des gemischten Nerven degenerirt. Es giebt also zweifellos centripetale Nervenfasern, welche das Spinalganglion durchsetzen, ohne zu Nerven-

---

[1] M. Joseph, Zur Physiologie der Spinalganglien. *Dies Archiv*, oben S. 296.

zellen desselben in nähere Beziehung zu treten. Betreffs der grossen Masse der centripetalen Fasern ist aber durch die Arbeit von Joseph die Ansicht zu sicherer Geltung gebracht worden, dass für die Erhaltung ihrer normalen Structur die Verbindung mit dem Spinalganglion — also doch wohl mit den Nervenzellen desselben — erforderlich und ausreichend ist.

Die Experimente Joseph's waren an dem für diese Untersuchungen classischen Objecte, dem zweiten Spinalganglion am Halse der Katze, ausgeführt. Um weitere Aufschlüsse über die Art der functionellen Verknüpfung centripetaler Fasern mit Nervenzellen der Spinalganglien zu erhalten, erschien dies Object nicht geeignet. Es empfahl sich hierfür das Ganglion jugulare nervi vagi, welches wir als Spinalganglion aufzufassen berechtigt sind. Hier hat man Gelegenheit, an einem und demselben Object sowohl die erforderlichen zeitmessenden Versuche über etwaige Verzögerung der Erregungsleitung im Ganglion, als auch die gegenseitige Controle zwischen den histologischen und functionellen Erfolgen von Nervendurchschneidungen zur Ausführung zu bringen. Die Strecke des Vagus zwischen dem Ganglion und der Schädelbasis ist lang genug, um nach sorgfältiger Praeparation am Halse sowohl der isolirten elektrischen Reizung, als auch der sauberen Excision zugänglich zu sein. Für die zeitmessenden Versuche kommt in Betracht, dass durch centripetale Vagusreizung sicher Athemreflexe auszulösen sind, welche sich zu graphischer Aufnahme eignen, und für die sonstigen functionellen Prüfungen, dass die Thätigkeit der vom Vagus beeinflussbaren Organe leicht zu beobachten ist. Für die histologische Untersuchung besteht allerdings der Uebelstand, dass die centripetalen und centrifugalen Fasern central vom Ganglion jugulare nicht so getrennt verlaufen, wie bei den Spinalganglien des Rückenmarkes, doch scheint diese Trennung innerhalb des Ganglions selbst ziemlich deutlich zu sein, so dass dieser Uebelstand im weiteren Verlauf der histologischen Untersuchung sich kleiner herausstellen dürfte als beim ersten Anblick.

Die zeitmessenden Versuche wurden nach allgemein bekannten Principien so ausgeführt, dass der reflexauslösende Reiz bald peripher, bald central vom Ganglion applicirt, und dass die Zeit zwischen Reizmoment und Athemreaction bestimmt wurde. Die Reflexzeiten, um welche es sich hier handelt, sind leider von geringer Constanz, sie sind offenbar von dem Zustand, in welchem sich das Centralnervensystem des Thieres gerade befindet, und welcher selbst von den verschiedensten Umständen beeinflusst wird, abhängig. Daher kommt es, dass die Reflexzeit bei peripherischer Reizung gelegentlich gleich oder auch kleiner erscheinen kann als die Reflexzeit bei centraler Reizung. Uebersieht man aber das ganze, durch sehr zahlreiche Messungen unter mannigfach modificirten Versuchsbedingungen gewonnene Zahlenmaterial,[1] so findet man, dass in der weit überwiegenden Zahl von Fällen, bei den unmittelbar sich folgenden Versuchen die Reflexzeit nach peripherischer Reizung erheblich — mehrere Hundertstel der Secunde — länger war als nach centraler Reizung, und dass die Mittelwerthe einen beträchtlichen Unterschied in demselben Sinne ergeben. Die Grösse der gefundenen Zeitunterschiede rechtfertigt es, dass als Reizmittel tetanisirende Wechselströme angewandt worden sind. Qualitativ waren die Reizerfolge nach centraler und peripherischer Reizung bei demselben Thier stets gleich. Da in dem Vagusstamm central vom Ganglion die Fasern des Laryngeus superior mit-

[1] Dieses Zahlenmaterial wurde in der Sitzung vorgelegt.

enthalten sind, musste bei peripherischer Reizung dieser Nerv immer zusammen mit dem Halsvagus auf die Elektroden gelegt werden. Für das hier zu verwerthende Versuchsergebniss gleichgültig, aber im Hinblick auf eine viel ventilirte Streitfrage interessant ist es, dass der Erfolg, trotz der absichtlichen Einbeziehung der Fasern des Laryngeus superior in die Reizung, ausser bei sehr wenigen Thieren, inspiratorischer Natur war. Der Vagusreiz wurde applicirt entweder, nachdem in jedesmal genau gleicher Weise Apnoë hergestellt war, oder bei spontaner Athmung in gleichen Athemphasen. Letzteres zu treffen, war nicht ganz leicht, liess sich aber bei einiger Uebung doch erreichen, da die Athmung in Folge der Chloralnarkose von mittlerer Tiefe, in welche alle Thiere versetzt waren, erhebliche Verlangsamung zeigte. Der Reizmoment wurde dadurch markirt, dass in die primäre Spirale eines du Bois-Reymond'schen Schlitten-Inductoriums ausser dem Wagner'schen Hammer und einem Schlüssel auch der Pfeil'sche Chronograph eingeschaltet war. Bei Schluss des Schlüssels machten der Hammer und die Schreibfelder des Chronographen gleichzeitig die erste Excursion. Grosse Aufmerksamkeit musste bei centraler Application des Reizes seiner Isolirung auf die Vagusstrecke zwischen den Elektroden zugewandt werden. Behufs jeder Reizung wurde der in seinem Halstheil zusammen mit dem Laryngeus superior angeschlungene Vagus mittelst des Fadens leicht gespannt und das Elektrodenpaar mit der Hand vorsichtig, in der Tiefe der möglichst dilatirten und durch Auftupfen frisch getrockneten Wunde, dem Vagusstamm unmittelbar central vom Ganglion angelegt. Die centrale Elektrode blieb dann stets noch einige Millimeter von der freipraeparirten Schädelbasis entfernt. Von Stromschleifen waren nur solche zu fürchten, die sich auf den benachbarten Glossopharyngeus hätten erstrecken können. Dieser Nerv wurde deshalb besonders praeparirt und entweder ausgerissen oder an der Schädelbasis abgeschnitten. Durch besondere Versuche wurde ausserdem constatirt, dass die Reaction der Athmung auf Reizung des Glossopharyngeus nicht früher eintrat, als die auf peripherische Reizung des Vagus. Bedenklicher war die Möglichkeit von Täuschungen durch die Ausbreitung des Reizes auf dem Wege unipolarer Abgleichungen. Den hieraus entspringenden Gefahren wurde dadurch begegnet, dass nach dem Vorschlage von Engelmann die centrale Elektrode zur Erde abgeleitet und dass nie Reizstärken angewendet wurden, bei denen Application dieser Elektrode allein irgendwelchen Erfolg zeigte. Diese Controle ist darum absolut zuverlässig, weil die Bedingungen für eine Reizwirkung durch unipolare Abgleichung bei Application der abgeleiteten Elektrode allein besser sind als bei Application beider Elektroden. In Anbetracht der angewandten Cautelen kann verbürgt werden, dass die Reaction nach centraler Reizung stets nur durch Angriff des Reizes auf den Vagusstamm selbst und nicht durch Angriff desselben auf Punkte des Nervensystems bedingt war, welche etwa dem Erfolgsorgan näher gelegen hätten.

Es ist als sichergestellt anzusehen, dass bei dem angewendeten Versuchsverfahren die Erregungswellen, welche durch peripher vom Ganglion auf den Hals-Vagus applicirte Reize erzeugt waren, bei dem Durchgange durch das Ganglion eine Verzögerung von mehreren Hundertstel Secunden erfahren haben. Hieraus darf nicht geschlossen werden, dass bei den normalen Vorgängen im intacten Thier eine gleich grosse Verzögerung die auf physiologischem Wege entstandenen Erregungswellen treffen muss. Bei der sorgfältigsten Praeparation des Ganglions ist es nicht zu vermeiden, dass die Circulationsverhältnisse in dem-

selben gestört werden. Allerdings erhält das Ganglion reichliche Blutgefässe auf der Bahn des centralen Nervenstammes, und diese werden bei der Praeparation wenigstens nicht durchschnitten. Letzteres ist aber nicht zu vermeiden bezüglich der nicht unbedeutenden Gefässverbindungen, welche seitwärts und von der Peripherie her zum Ganglion treten. Die absolute Grösse des beobachteten Zeitverlustes bietet deshalb nur ein geringes Interesse, ein um so grösseres dagegen die Constatirung der Thatsache seines Vorhandenseins überhaupt. Wo wir in nervösen Leitungsbahnen einem erheblichen Zeitverlust in der Erregungsleitung begegnen, müssen wir denselben auf den Durchgang durch Schaltstücke eigener Art beziehen, von denen hier wohl nur die Ganglienzellen in Betracht kommen können. Ist die Verzögerung als durch die unvermeidlichen Schädigungen des Praeparates vergrössert zu betrachten, so spricht dies auch nur für die Annahme, dass die Verzögerung in den Ganglienzellen stattfindet, denn diese werden am schnellsten durch Circulationsstörungen leiden. Tritt aber eine Verzögerung von normaler oder abnormer Dauer in den Ganglienzellen auf, so müssen letztere derart in die erregungleitende Bahn eingeschaltet sein, dass die Erregungswelle unter allen Umständen durch sie hindurchpassiren muss. Aus der Constatirung des Zeitverlustes folgt also mehr als aus dem Nachweis der trophischen Abhängigkeit. Wenn für eine Kategorie von Nervenfasern ihr Zusammenhang mit dem Ganglion zur Erhaltung ihrer normalen Beschaffenheit als nothwendig und ausreichend erkannt ist, so dürfen wir annehmen, dass sie im Ganglion zu Nervenzellen in nähere Beziehung treten, diese Beziehungen brauchen aber nicht derartige zu sein, dass die auf der Bahn dieser Nervenfassern durch das Ganglion hindurchgeleiteten Erregungswellen auch die Ganglienzellen passiren müssen. Legen wir z. B. das Ranvier'sche Schema der Betrachtung zu Grunde, nach welchem die Verbindung der Ganglienzelle mit der durch das Ganglion hindurchtretenden Faser mittelst eines T-förmigen Schaltstückes geschieht, so können die von der Peripherie kommenden Erregungswellen an dem Seitenschenkel des T-Stückes und an der endständig mit diesem verbundenen Ganglienzelle vorbeilaufen; dagegen können sich von der Ganglienzelle aus die zur Erhaltung der Functionsfähigkeit der Nervenfaser etwa erforderlichen in der Ganglienzelle entstandenen Erregungswellen durch den Seitenschenkel zur Faser und in dieser centrifugal und centripetal ausbreiten. Für die centripetalen Athemfasern des Vagus sind wir nun aber gezwungen, anzunehmen, dass ihre Verbindung mit Nervenzellen des Ganglion jugulare eine derartige ist, dass die von der Peripherie kommenden Erregungswellen durch letztere hindurchtreten müssen. Es ist nun von Interesse, an demselben Object, an welchem die Verzögerung centripetaler Erregungsleitung constatirt ist, auch die Erfolge partieller Nervenexcisionen, und zwar histologisch sowohl als functionell, zu verfolgen. Diese Untersuchung ist noch nicht abgeschlossen, doch lassen sich einige Resultate derselben schon jetzt bestimmt aussprechen. In dem für die Untersuchung von Nervendegenerationen bevorzugten Intervall von 4—6 Wochen nach Excision eines Stückes des Hals-Vagus findet man den Nerven peripher von dem excidirten Stück fast völlig functionslos und fast völlig degenerirt. Reizung des Nerven ergiebt weder Wirkung auf den Kehlkopf, noch auf den Oesophagus (der Magen wurde nicht geprüft). Die Wirkung auf das Herz zeigte sich stets sehr beträchtlich herabgesetzt, war aber meist nicht ganz geschwunden, doch ist noch nicht zu sagen, ob der Rest von Wirkung eigenartig war, oder ob er nur eine quantitativ verringerte Hemmungswirkung darstellte. Der mit dem

Ganglion jugulare in Zusammenhang gebliebene Theil des Hals-Vagus zeigte bei der histologischen Untersuchung keine Degenerationserscheinungen, und die reflectorischen Wirkungen auf die Athmung waren von ihm aus mit denselben Stromstärken, in derselben Intensität und mit derselben Verzögerung im Ganglion zu erzielen, als wenn die Durchschneidung des Hals-Vagus eben erst ausgeführt worden war. Nach Excision eines Stückchen Vagus central vom Ganglion jugulare zeigte sich histologisch der Halsstamm partiell degenerirt und die functionelle Prüfung ergab, dass die Degeneration centrifugale Bahnen betroffen hatte. Die centripetalen Athembahnen des Vagus, für welche die Verzögerung der Erregungsleitung im Ganglion jugulare nachgewiesen ist, sind also auch trophisch von diesem Ganglion abhängig.

Bei dem jetzigen Stande unserer Kenntniss können wir, wenn wir dem Bedürfniss, uns hinter den Erscheinungen etwas zu denken, Rechnung tragen wollen, nicht umhin, die Verzögerung. welche die centripetale Erregungsleitung im Ganglion jugulare findet, zu dem trophischen Einfluss dieses Ganglions auf die centripetalen Fasern in Beziehung zu setzen. Wo Ganglienzellen in erregungleitende Bahnen eingeschaltet sind, können sie der Zusammenfassung mehrerer zuleitender Bahnen zu einer ableitenden oder der Spaltung einer zuleitenden in mehrere ableitende oder der Beschränkung der Erregungsleitung auf eine Richtung oder der Reflexvermittelung oder der quantitativen Modification der Erregung dienen. Die Annahme der Zusammenfassung von centripetalen Bahnen in den eigentlichen Spinalganglien, welche Jacobi als einen Theil seiner Theorie der Collateral-Innervation der Haut ausgesprochen hat,[1] auf die centripetalen Vagusbahnen und das Ganglion jugulare auszudehnen, haben wir keinen Grund. Die Reflexvermittelung durch Ganglien ist von Claude Bernard behauptet worden. Wir haben das Ganglion jugulare hierauf geprüft und können das Resultat, mit einer vorläufigen Reservation bezüglich des Nerv. depressor, als durchaus negativ bezeichnen. Eine Verstärkung der Erregung bei dem Durchtritt durch die Spinalganglien war von du Bois-Reymond, welcher die Ganglien als relais-artige Vorrichtungen aufzufassen geneigt war, vermuthet worden. In unseren Versuchen haben wir, um gleiche Wirkung auf die Athmung zu erzielen, bei der Reizung peripher vom Ganglion meist grösserer, nie kleinerer Stromstärken bedurft, als bei der Reizung central vom Ganglion. Tragen wir nun auch der, aus der Grösse der Verzögerung geschlossenen Annahme der Schädigung des Ganglions durch die Praeparation Rechnung, so geben uns unsere Versuche doch keine Stütze für jene übrigens von du Bois-Reymond nur in seinen Vorlesungen geäusserte Vermuthung an die Hand. Die übrigen der oben aufgeführten denkbaren Functionen der Ganglienzellen kommen beim Ganglion jugulare nicht in Betracht. Als einzige Function der mit den centripetalen Fasern verbundenen Nervenzellen dieses Ganglions haben wir also nur Veranlassung, ihre trophische Wirkung auf diese Fasern aufzufassen. Es ist wohl nicht anders vorzustellen, als dass diese Function dadurch ausgeübt wird, dass Erregungen, welche in den Zellen selbst entstehen, und deren Entstehung einen integrirenden Bestandtheil des Lebensprocesses dieser Zellen ausmacht, den mit den Zellen verbundenen Nervenfasern in centrifugaler und centripetaler Richtung mitgetheilt werden. Wir haben gesehen, dass diese Mittheilung bei einer Verknüpfung der Zellen

---

[1] Rudolph Jacobi, Die Collateral-Innervation der Haut. *Archiv für Psychiatrie.* XV. S. 540—546 (S. 71 des Sep.-Abdr.).

mit den Fasern möglich wäre, welche die Nothwendigkeit des Durchtrittes der in den Fasern von der Peripherie zum Centrum geleiteten Erregungen durch die Zelle hindurch nicht involvirte (Ranvier's Schema). Wenn dieser mit Zeitverlust verbundene Durchtritt dennoch erfolgt, so kann dies nur die Bedeutung haben, dass er für die Erhaltung der Functionsfähigkeit der Zelle selbst von Wichtigkeit ist. Nicht nur die Nerven- und Muskelfasern scheinen zur Erhaltung ihrer normalen Beschaffenheit einer gewissen Continuität zugeleiteter Erregungen zu bedürfen, sondern auch die Nervenzellen, selbst wenn sie, wie wir es für die Zellen der Ganglien angenommen haben und wie es für die Zellen des Athemcentrums in der Medulla oblongata allgemeiner angenommen wird, Entstehungsorte von Erregungen darstellen. Auch letztere Zellen, die Prototypen „automatisch" thätiger Zellen, senden nicht nur in ihnen entstandene Erregungen aus, sondern sie empfangen auch solche auf Nervenbahnen zugeleitet. Wenn ein trivialer Vergleich gestattet ist, so könnte die beim Durchgang der Erregung durch die Nervenzelle des Ganglions unter Zeitverlust verschwundene Energie als Wegezoll aufgefasst werden, der zunächst aufgespeichert würde und dann zur Instandhaltung des Weges allmählich zur Verausgabung käme. Einer Consequenz aus dieser Anschauungsweise scheinen die bisher bekannten Thatsachen allerdings zu widersprechen. Man sollte erwarten, dass das Ganglion nach der Durchtrennung seiner Verbindung mit der Peripherie entartete. Die vorliegenden Erfahrungen über Degenerationen nach Leitungs-Unterbrechungen enthalten zwar Andeutungen hiervon, gestatten jedoch nicht, jene Consequenz als gesichert anzusehen. Weitere Untersuchungen nach dieser Richtung, womöglich unter gegenseitiger Controle der functionellen und histologischen Prüfung, scheinen sehr erwünscht. Wie nützlich sich diese Controle wird erweisen können, geht unter Anderem daraus hervor, dass wir gelegentlich schon mehrere Tage nach Excision eines Vagusstückchens central vom Ganglion hochgradigen Functionsausfall der centrifugalen Vagusleitung zu sehen bekamen, also zu einer Zeit, in welcher eine Structuränderung am Nerven noch lange nicht zu erkennen ist. Es darf hier nicht unerwähnt bleiben, dass eine Verzögerung der centripetalen Erregungsleitung in den Spinalganglien des Frosches von Wundt[1] auf Grund zeitmessender Reflexversuche behauptet und zu einigen Tausendsteln der Secunde angegeben worden ist, sowie dass S. Exner[2] eine besondere, nicht auf gewöhnliche Nervenleitung zu beziehende Verspätung des Eintrittes der negativen Schwankung an den hinteren Wurzeln nach Durchtritt der Erregungswelle in centripetaler Richtung durch die Spinalganglien des Frosches nicht hat beobachten können.

II. Sitzung am 4. November 1887.[3]

Hr. GOLDSCHEIDER hält den angekündigten Vortrag: „Ueber die Einwirkung der Kohlensäure auf die sensiblen Nerven der Haut."

---

[1] Wund, *Untersuchungen zur Mechanik der Nerven und Nervencentren.* 2. Abth. S. 45.

[2] Wie tritt die negative Schwankung durch das Spinalganglion? *Dies Archiv.* 1877. S. 567.

[3] Ausgegeben am 25. November 1887.

Hrn. Prof. E. du Bois-Reymond verdanke ich die Anregung, den Ursachen der von Boussingault an südamerikanischen Mofetten entdeckten eigenthümlichen Wärme-Empfindungen, welche gasförmige Kohlensäure in der Haut erregt, nachzugehen. Das Phaenomen ist folgendes: Taucht man die Hand in ein mit Kohlensäure gefülltes Gefäss, so hat man sofort eine deutliche Wärmeempfindung, welche kurze Zeit hindurch noch wächst, um dann abzuklingen. Viel stärker ist das Wärmegefühl, wenn man grössere und wärmeempfindlichere Flächen wählt, z. B. die Kohlensäure unter die Kleider, besonders an den Beinen, leitet. Ein schon bestehendes Wärmegefühl wird durch das Gas erheblich gesteigert. — Kisch beschrieb die Erscheinung 1863 als Wahrnehmung bei kohlensauren Gasbädern und fand, dass das Wärmegefühl in einem Gasbade von + 12° C. einer Temperatur von 45° C. entsprach. Ich selbst finde bei Temperaturen der Kohlensäure von 18°—28° C. die Wärmeempfindungen an der Hand nur so stark, wie sie durch ein 2°—3° C. höher temperirtes Luftmedium producirt wird. Der Grund dieser Abweichung liegt zum Theil in der relativ geringen Wärmeempfindlichkeit und Flächenausdehnung der Hand. — Was die Erklärung der Erscheinung betrifft, so sind zunächst die physikalischen Verhältnisse zu betrachten:

1. Die Ursache könnte in der grösseren Feuchtigkeit der Kohlensäure gelegen sein. Taucht man nämlich die Hand in ein Gefäss, welches Luft von grossem Feuchtigkeitsgehalt enthält, so empfindet dieselbe alsbald ein lauliches Gefühl, welches immer mehr wächst und eine gewisse Höhe erreicht. Grössere Versuchsreihen mit atmosphaerischer Luft von verschiedenster Temperatur und Feuchtigkeit ergaben mir folgendes: Warme feuchte Luft von 28° C. und darüber erscheint uns relativ wärmer als trockne Luft von gleicher Temperatur, ja unter Umständen wärmer als höher temperirte trockene Luft, jedoch darf die Differenz höchstens 5—6° C. betragen, wobei der Unterschied des relativen Feuchtigkeitsgehaltes mindestens 50° (Haar-Hygrometer) sein muss. — Kalte feuchte Luft von 15° und darunter erscheint uns relativ weniger kalt als trockene Luft von gleicher Temperatur, sofern der Unterschied im relativen Feuchtigkeitsgehalt etwa 40° beträgt; jedoch ist hier die Feuchtigkeit nur im Stande 1° C. Temperatur-Differenz auszugleichen. — Bezüglich der Erklärung dieser Erscheinungen kommt wohl für feuchte Luft von Hauttemperatur und darüber neben der gehemmten Abdunstung von der Hautoberfläche noch die grössere Wärme-Capacität des Wasserdampfes in Betracht (1·96 zu 1·00 der Luft), während für geringere Temperaturen der feuchten Luft letzteres Moment sogar auf grössere Abkühlung hinarbeiten müssten. Es scheint daher, dass die durch die Hemmung der Verdunstung gesetzte Verringerung der Wärmeabgabe bei weitem das Hauptmoment ist.

   Dass aber der Feuchtigkeitsgehalt der Kohlensäure nicht die Ursache des Wärmegefühls ist, geht einfach daraus hervor, dass durch Chlorcalcium gejagtes Gas es ebenfalls producirt. Jedoch ist die in Rede stehende Empfindung allerdings in feuchter Kohlensäure stärker als in getrockneter — und auch dies möchte bezüglich der Differenz zwischen den Angaben von Kisch und meinem Befund von Belang sein.

2. Das Wärmeleitungsvermögen der Kohlensäure ist nach Dulong etwas grösser als das der Luft, also kann auch hierin eine Ursache für die Erscheinung nicht gelegen sein.

3. Die Wärmecapacität der Kohlensäure ist ebenfalls grösser als die der Luft (1·2583 zu 1·0000). Da das angewandte Gas stets niedriger temperirt war als die Haut, so musste es derselben sogar relativ mehr Wärme entziehen als Luft.

4. Das Absorptionsvermögen der Kohlensäure für Wärmestrahlen wird verschieden angegeben. Nach Magnus und Tyndall absorbirt dieselbe weit mehr davon als Luft, während Franz keinen Unterschied zwischen beiden Gasarten gefunden hat. Dass die Kohlensäure durch Absorption ihre Eigentemperatur so erhöht, dass sie dadurch ein Wärmegefühl erregt, ist schon deshalb nicht anzunehmen, weil das in der Kohlensäure befindliche Thermometer während der für den Versuch in Frage kommenden Zeit seinen Stand nicht veränderte.[1]

5. Man muss voraussetzen, dass durch die Absorption der Kohlensäure in der Feuchtigkeit des Hautgewebes Wärme frei wird. Allein dass es diese entbundene Wärme sei, welche wir fühlen, wird durch mehrere Dinge unwahrscheinlich gemacht. Bei Versuchen mit durch Collod. cantharid. enthornter Haut, gegen welche der Kohlensäurestrom gerichtet wurde, zeigte sich nämlich regelmässig; dass ein sehr deutliches Wärmegefühl entstand, sobald die Oberfläche trocken war, dass dasselbe aber auch bei noch so langdauernder Application nicht hervorzurufen war, sobald eine capillare Serumschicht herausperlte, um wieder aufzutreten, wenn man letztere abtupfte. Es wurde ferner die gründlich abgeseifte Hand mit Wasser von Hauttemperatur benutzt, derart, dass sie mit einer kaum sichtbaren Flüssigkeitsschicht bedeckt war, und in mit Feuchtigkeit nahezu gesättigte Kohlensäure gehalten. Sofort beim Eintauchen verschwand das der Verdunstung entsprechende kühle Gefühl, um einer sich allmählich entwickelnden Wärmeempfindung Platz zu machen; jedoch erreichte letztere auch bei längerem Abwarten nicht annähernd die Höhe wie an der andern trockenen, vergleichsweise in dasselbe Kohlensäuremedium getauchten Hand. Da aber durch die grössere Flüssigkeitsmenge ein grösseres Quantum von Kohlensäure absorbirt, demnach auch ein grösseres Quantum von Wärme freigemacht wird, so müsste im Gegentheil in der feuchten Hand ein stärkeres Wärmegefühl zu Tage treten als in der trocknen und wenn auch die Flüssigkeitsschicht zunächst selbst ein Leitungshinderniss abgiebt, so müsste doch wenigstens nach längerer Zeit eine intensivere Wärmeempfindung erscheinen — wenn eben die durch Absorption des Gases entstandene Wärme die Ursache unseres Phaenomens wäre.

Physiologisch könnte die Ursache des Wärmegefühls in einer Erweiterung der Blutgefässe und daraus resultirender Erhöhung der Eigentemperatur der Haut gesucht werden.

[1] Hr. Dr. Sklarek hatte die Güte, mich darauf aufmerksam zu machen, dass nach den Versuchen von Röntgen die Absorption der Wärmestrahlen durch Kohlensäure zweifellos eine sehr bedeutende ist. Allein Röntgen giebt selbst die Erwärmung dieses Gases bei Bestrahlung eines Bunsen'schen Brenners als im Mittel um 1° C. an und sie dürfte bei den von der Hand ausgehenden Wärmestrahlen eher geringer als stärker sein. Da die Kohlensäure Lufttemperatur besitzt, ist somit die Bedingung zur Erzeugung eines Wärmegefühls nicht gegeben.

1. Bei der thermometrischen Messung der Haut wurde eine Zunahme der Haut-Temperatur nicht gefunden. Jedoch ist dies für die vorliegende Frage ohne Bedeutung. Einmal nämlich ist das Thermometer (spiralig geformtes Quecksilbergefäss) nicht empfindlich genug, um selbst bei Wärmeempfindungen, welche durch äussere Erwärmung veranlasst sind, sofern sie nicht wesentlich intensiver sind als die Wärmeempfindung bei Kohlensäure, eine wirkliche Temperaturerhöhung an der Hautoberfläche erkennen zu lassen. Ferner hat eine mathematisch-physikalische Verfolgung der Frage, wie sich aussen applicirte Wärme in der Haut fortleitet, — worüber eingehender berichtet werden wird — ergeben, dass in der Zeit, welche von der Application eines Wärmereizes bis zu dessen Wahrnehmung vergeht, die Veränderung der Eigentemperatur in der Schicht der Nervenendigungen bei dem schlechten Wärmeleitungsvermögen der Oberhaut ungemein geringfügig ist, vielleicht unter Umständen nur Tausendstel von Graden beträgt. Vorausgesetzt, dass Kohlensäure eine so geringe Erhöhung der Temperatur in der Nervenschicht bewirke, so würde es schon unmöglich sein, sie in letzterer selbst nachzuweisen — thermometrisch —, geschweige denn an der durch die schlechtleitende Hornschicht von jener getrennten Hautoberfläche.

   Dennoch möchte ich Versuche anführen, welche dafür sprechen, dass eine wirkliche Erwärmung der Haut resp. der empfindlichen Schicht derselben durch Kohlensäure nicht producirt wird. Wenn man nämlich den Kohlensäure-Strom gegen künstlich enthornte Hautstellen (Collod. cantharid.) von guter Wärmeempfindlichkeit, deren Eigentemperatur man festgestellt hat, richtet, so hat man sofort ein starkes Wärmegefühl und bringt man nun das auf die Eigentemperatur der Stelle eingestellte Thermometer unmittelbar nach dem Auftauchen des Wärmegefühls auf das Versuchsterrain zurück, während der Gasstrom sistirt ist, so sinkt dasselbe regelmässig um einige Zehntel bis 1^0 C. Die Versuchsstelle entspricht dabei in ihrer Grösse genau dem Quecksilbergefäss des Thermometers. Die Versuche wurden sofort nach Entfernung der Blase, ehe sich noch eine Fibrinschicht bildete, gemacht.

2. Falls Kohlensäure eine wirkliche Erwärmung der empfindlichen Schicht der Haut bewirkte, so müsste dadurch, wenn man die Hand in Kohlensäure taucht, deren Temperatur unter der Lufttemperatur liegt, der dabei resultirenden Abkühlung entgegengewirkt werden. Demnach müsste kalte Kohlensäure weniger kalt erscheinen als ebenso kalte Luft. Allein die Versuche haben ergeben, dass dies nicht der Fall ist, sofern der Feuchtigkeitsgehalt der Kohlensäure nicht grösser ist als derjenige der Luft.

3. Wenn Kohlensäure die Hauttemperatur erhöhte, so müsste ein Gefäss mit kalter Luft der Hand, welche aus Kohlensäure kommt, kälter erscheinen als vorher, resp. kälter als der andern Hand. Dies wurde aber fast nie bemerkt. Jedoch lassen sich gegen die Bedeutung dieses Beweispunktes einige Einwendungen machen.

4. Lässt man den annähernd auf die Hauttemperatur angewärmten Kohlensäurestrom gegen die Conjunctiva des Kaninchens gehen, so tritt nach einer gewissen Zeit eine deutliche Röthung ein. Wirkt das Gas auf eine enthornte Stelle der menschlichen Haut, so ist zur Zeit der Sensation

nichts von Farbenveränderung zu sehen, wohl aber bildet sich bald darauf eine Röthung nicht bloss der Stelle selbst, sondern auch der Umgebung, welche im Verlauf der weiteren Manipulationen zunimmt. Von dieser sichtbaren Veränderung kann das Wärmegefühl sicher nicht abgeleitet werden. Als primären Effect der Kohlensäure muss man vielmehr einen gefässcontrahirenden vermuthen. Skórzewski[1] hat am Kaninchenohr und der Froschzunge gefunden, dass unter der Einwirkung eines dünnen Kohlensäurestromes die Arterien sich erweitern, die Venen sich verengern; zuweilen jedoch trat als erste Wirkung eine Verengerung der Arterien und Erweiterung der Venen ein, was aber bald in den entgegengesetzten Zustand überging. Es ist gewiss unwahrscheinlich, dass die Gefässerweiterung sich schnell genug herausbildet, um das so unmittelbar erfolgende Wärmegefühl zu erklären.

5. Wirkung auf die sensiblen Nerven überhaupt. Kohlensäure wirkt nach den vorliegenden Angaben sowohl erregend wie lähmend. Sie erregt das Inspirationscentrum, bewirkt Herzstillstand in der Diastole durch Vagusreizung (Cyon), steigert die Tastempfindlichkeit (Kisch), verfeinert den Raumsinn (v. Basch und v. Dietl). Nach längerer Dauer der Einwirkung setzt das Gas die Sensibilität herab (Kisch); es wirkt geradezu als Anaestheticum (Brown-Séquard), ist als schmerzstillendes Mittel bei Krebsgeschwüren u. dergl. verwendet worden, wurde sogar für die allgemeine Narkose vorgeschlagen. Die Bakterien- und Flimmerbewegung wird gelähmt, jedoch kann auch hier eine beschleunigende Wirkung als erster Effect zuweilen beobachtet werden (Grossmann und Mayerhausen, Engelmann). In Uebereinstimmung hiermit finde ich, dass Kohlensäure an Schleimhäuten, sowie enthornter Haut Schmerz erzeugt, auch an intacten empfindlicheren Hautstellen unangenehme Sensationen macht. Lässt man es nicht bis zum Schmerz kommen, so ist zugleich mit dem Beginn einer prickelnden warmen Sensation ein deutlicher hyperaesthetischer Zustand zu bemerken; leichte Berührungen werden stechend empfunden, jedoch ist die Reizschwelle nicht verfeinert; Wärmereize erregen ein brennendwundes Gefühl, etwa wie beim Verbrühen, zugleich aber auch eine wirklich wärmere Empfindung als vorher; um letzteres wahrzunehmen, muss man den Wärmereiz während der durch das Gas hervorgerufenen Sensation wirken lassen. Nach kurzer Dauer der Einwirkung der Kohlensäure wird die prickelnde Empfindung schwächer und schwächer und zugleich stellt sich ein Zustand verminderter Empfindlichkeit ein. Die Reizschwelle für Berührungsempfindungen ist verschoben, feine Tastreize werden garnicht, mässige schwach empfunden; die Kälteempfindlichkeit ist erheblich abgestumpft, die Wärmeempfindlichkeit ebenfalls, jedoch in nicht so hohem Grade; so konnten an einer enthornten Stelle, an welcher ein in Eis gekühlter Metallcylinder nicht mehr gefühlt wurde, Wärmereize immer noch, wenn auch schwach, als solche wahrgenommen werden, während normal diese Stelle Kälte und Wärme gleich gut fühlte. Auf die Abkühlung der Stelle (s. oben) kann man dieses Missverhältniss nicht schieben, da erstere zu gering ist. Bei noch weiterer Einwirkung des Gases tritt dann auch eine nachweisbare Herabsetzung der

[1] Polnisch; mir nur aus dem Referat — Virchow-Hirsch 1878 — bekannt.

Schmerzempfindlichkeit ein. Die Hyperaesthesie verläuft für Kälte-, Wärme- und Druckreize zeitlich durchaus parallel und ist im Allgemeinen schnell vorübergehend.

Aus dem Dargestellten sind nun, wie ich glaube eine Reihe von Beweismomenten dafür erwachsen, dass das fragliche Wärmegefühl einer directen chemischen Erregung der Wärmenerven entspricht, nämlich:

1. An der enthornten Stelle tritt mit dem Wärmegefühl gleichzeitig eine Abkühlung ein.
2. Kalte Kohlensäure erscheint ebenso kalt als gleichtemperirte Luft.
3. Mit dem Wärmegefühl ist ein Zustand der Wärmehyperaesthesie verbunden.
4. Gleichzeitig mit der Wärmeempfindung tritt auch eine Erregung und ein hyperaesthetischer Zustand der Gefühlsnerven auf.
5. Die Herabsetzung der Empfindlichkeit ist bei den Wärmenerven weniger ausgesprochen als bei den Kältenerven; wenn die lähmende Wirkung des Gases für beide Nervenarten different ist, so kann es auch die erregende sein.
6. Endlich noch eine bisher nicht erwähnte Erscheinung: Wenn man einen angewärmten Kohlensäurestrom — Temp. des austretenden Gases 26° C. — auf eine Reihe intacter Hautstellen z. B. am Arm wirken lässt, so hat man meist ein kühles, an gewissen Stellen aber ein warmes Gefühl. Bezeichnet man letztere und prüft sie mit dem adaequaten Reiz, so zeigt sich, dass sie von hervorragend guter Wärmeempfindlichkeit bei nur mässiger Kälteempfindlichkeit sind. Die physikalisch abkühlende Wirkung des strömenden Gases ist aber offenbar an diesen Stellen dieselbe wie an den andern, und es ist nicht zu verstehen, wie zugleich mit der Abkühlung die Kohlensäure ein Wärmegefühl anders als durch chemische Reizung hervorbringen soll. Noch deutlicher wird die Erscheinung, wenn man an den verschiedenen Stellen Menthol einreibt, welches im Allgemeinen die Kälteempfindlichkeit, an Stellen von bevorzugter Wärmeempfindlichkeit jedoch die letztere erhöht.

Die Untersuchungen sind in der speciell-physiologischen Abtheilung des hiesigen physiologischen Instituts unter Leitung von Hrn. Prof. Gad angestellt, dem ich dankbarst verpflichtet bin.

III. Sitzung am 18. November 1887.[1]

Hr. Kossel hält den angekündigten Vortrag: Ueber das Adenin.[2]

Die neueren mikroskopischen Untersuchungen über den Einfluss des Zellkerns bei der künstlichen Zertheilung der Zellen (Nussbaum, Gruber, Klebs), ebenso bei dem Befruchtungsvorgang (Strassburger, Hertwig, Zacharias)

---

[1] Ausgegeben am 25. November 1887.

[2] Ausführliche Mittheilung erfolgt in der *Zeitschrift für physiologische Chemie.* Herausg. von F. Hoppe-Seyler.

führen im Verein mit anderen schon länger bekannten Thatsachen zu der Schlussfolgerung, dass die physiologischen Functionen dieses Elementarorgans in enger Beziehung stehen zu den Processen der Neubildung organisirter Theile. Dem physiologischen Chemiker wird durch diese Resultate die Anregung dazu gegeben, dass er Beziehungen aufsucht zwischen den im Zellkern aufgefundenen Substanzen und den Processen des Aufbaues und der Synthese, deren Sitz dieses Organ nach den mikroskopischen Förschungen sein muss.

Für die Substanz des Zellkerns charakteristisch sind, wie der Vortragende bereits früher dargethan hat, zwei Basen, das Adenin und das Guanin. Beide treten als Zersetzungsproducte des Nucleïns auf und stellen unter den Zerfallsproducten dieses Körpers die einzigen organischen Atomcomplexe dar, welche den Zellkern vor dem Protoplasma auszeichnen. Die chemischen Eigenthümlichkeiten und die Umwandlungen, die diese Substanzen erleiden können, verdienen demgemäss ein hohes physiologisches Interesse. Während das Guanin eine der wenigen Substanzen aus den Geweben ist, deren künstliche Zersetzung direct zum Harnstoff führt, offenbart das Adenin sehr wichtige Beziehungen zu den Cyanverbindungen. Diese Substanz ist ein Polymeres der Blausäure, sie hat die Formel $C_5H_5N_5$. Das Adenin krystallisirt in makroskopischen, oft centimeterlangen Prismen. Durch die Einwirkung salpetriger Säure wird es in Hypoxanthin $C_5H_4N_4O$ übergeführt; diese Umwandlung geschieht in der Weise, dass eine NH-Gruppe durch O ersetzt wird. Mit Kalihydrat auf 200^0 erhitzt, verwandelt es sich zum Theil in Blausäure. Das Adenin sublimirt bei höherer Temperatur unzersetzt. Der Vortragende demonstrirt die Salze des Adenins, welche fast alle gut krystallisiren. Hervorzuheben sind das schwefelsaure Adenin $(C_5H_5N_5)_2 H_2SO_4 + 2 H_2O$, das salzsaure Adenin $C_5H_5N_5$, $HCl + {}^1/_2 H_2O$, das salpetersaure Salz $C_5H_5N_5$, $HNO_3 + {}^1/_2 H_2O$, die Platindoppelsalze: $(C_5H_5N_5, HCl)_2PtCl_4$ und $(C_5H_5N_5, HCl) PtCl_4$, die Silbersalze: $C_5H_4N_5Ag$ und $C_5H_5N_5$, Ag_2O.

Weitere Untersuchungen führten zu dem Resultat, dass man ein Wasserstoffatom im Adeninmolecül durch Säureradicale ersetzen kann, wenn man die betreffenden Säureanhydride auf die freie Base einwirken lässt. So erhält man durch die Einwirkung von Benzoësäureanhydrid die schön krystallisirende Benzoylverbindung: $C_5H_4N_5 \cdot CN \cdot C_6H_5$; durch Einwirkung von Essigsäureanhydrid die Acetylverbindung $C_5H_4N_5 \cdot CO \cdot CH_3$. Gegen spaltende und oxydirende Agentien ist das Adenin sehr widerstandsfähig, bei schwächerer Einwirkung wird die Base überhaupt nicht angegriffen, bei stärkeren Actionen wird ein Theil völlig zersetzt, ohne Zwischenproducte zu bilden, ein anderer Theil bleibt gewöhnlich intact. Aus derartigen Versuchen liessen sich bisher noch keine Schlussfolgerungen bezüglich der Constitution des Adenins ziehen.

Im Gegensatz dazu ist die Base sehr wenig widerstandsfähig gegen die Reduction in saurer Lösung. Durch Zink und Salzsäure oder durch Eisen- und Essigsäure entsteht ein Reductionsproduct, welches merkwürdige Eigenschaften zeigt. Dasselbe ist sehr unbeständig. besonders in alkalischer Lösung und bei Gegenwart von Sauerstoff. Lässt man die alkalische Lösung an der Luft stehen, so bemerkt man, dass sich von der Oberfläche der Flüssigkeit her eine Rothfärbung einstellt, die allmählich in Braun übergeht. Diese Umwandlung erfolgt nur bei Gegenwart von Sauerstoff. Zusatz reducirender Stoffe z. B. schwefliger Säure verhindert dieselbe völlig. Es bildet sich eine in Wasser unlösliche Substanz, die bisher nicht in reinem Zustand erhalten werden konnte. Die Analyse derselben lieferte in einem Falle $33 \cdot 03^0/_0$ C; $3 \cdot 74^0/_0$ H; $47 \cdot 00^0/_0$ N;

$16 \cdot 23^0/_0$ O; andere Analysen führten zu abweichenden Zahlen. Stets aber ergab sich, dass die Substanz Sauerstoff enthielt und zwar in beträchtlichen Mengen. Die Eigenschaften dieser Substanz stimmen in allen Punkten überein mit einem Körper, welcher bei der freiwilligen Umwandlung der Blausäure entsteht, und welcher Azulminsäure genannt ist. Die Analysen, welche verschiedene Forscher von der Azulminsäure angestellt haben, haben auch nicht zu übereinstimmenden Werthen geführt, es finden sich einzelne Zahlen, welche den hier gefundenen nahe stehen. Es ist höchst wahrscheinlich, dass beide Körper identisch sind. Falls es noch weiterer Beweise für die Verwandtschaft des Adenins mit den Cyanverbindungen bedürfte, wäre ein solcher durch diesen Versuch gegeben. Derselbe hat ein grosses Interesse für die Würdigung der physiologischen Rolle des Adenins. Wir wissen, dass diese Base durch die Einwirkung nascirenden Wasserstoffs in einen Körper übergeht, welcher sehr reactionsfähig ist, und sich spontan unter Sauerstoff-Aufnahme und unter Bildung complicirter organischer Verbindungen umwandelt. Es bedarf nur eines Anstosses, um das sonst so widerstandsfähige Molecül des Adenins in einen labilen Zustand überzuführen; dieser Anstoss wird gegeben durch die Reductionswirkung. Dass eine solche Wirkung in der Zelle stattfinden kann, darüber darf kein Zweifel sein, die kräftigsten Reductionen werden durch Zellenthätigkeit vollführt. Es liegt also nichts Unwahrscheinliches in der Annahme, dass die Reaction, welche in diesem Falle künstlich ausgeführt wurde, auch im Organismus verlaufe, dass auch in der Zelle die Bildung jenes Products geschehe, welches, sobald es mit Sauerstoff in Berührung kommt, in complicirtere Verbindungen übergeht und zu synthetischen Processen führt.

Der Vortragende weist auf die Aehnlichkeit hin, welche die von ihm erläuterten Thatsachen mit den von Pflüger über die physiologische Rolle der Cyanverbindungen ausgesprochenen Anschauungen in einzelnen Punkten zeigen.

IV. Sitzung am 2. December 1887.[1]

1. Hr. G. Salomon hält den angekündigten Vortrag: „Ueber die physiologischen Wirkungen des Paraxanthins."

Das Paraxanthin wirkt auf den Organismns des Frosches in zweierlei Weise: es versetzt die Musculatur in einen der Todenstarre ähnlichen Zustand und vermindert die Reflexerregbarkeit bis zum allmählichen Erlöschen. Am kräftigsten wirken Lösungen von Paraxanthin in Wasser, dem eine Spur Natronlauge zugesetzt ist. Injicirt man davon eine geringe Menge in irgend einen Muskel, so contrahirt er sich und erstarrt fast sofort zu bedeutender Härte. 5—6 mg, einem Frosch von mittlerer Grösse (Esculenta) in den Rückenlymphsack gespritzt, führen unter allgemeinen Vergiftungserscheinungen zum Tode. Das Thier fängt an, schwerfällige krötenartig kriechende Bewegungen zu machen und lässt sich widerstandslos in die unbequemsten Lagen bringen. Allmählich hören die spontanen Bewegungen auf, die Vorderbeine werden starr, die Reflexerregbarkeit erlischt erst am Vorderkörper, dann an den Hinterbeinen, die

[1] Ausgegeben am 9. December 1887.

Respiration hört auf. Die Herzthätigkeit überdauert alle übrigen Lebenserscheinungen um ein Beträchtliches. Die innerliche Darreichung von Paraxanthinnatronlösung ruft, wiewohl langsamer, dieselben Erscheinungen hervor wie subcutane Injection. Reines Paraxanthin wirkt wegen seiner Schwerlöslichkeit auch in grossen Dosen nur unsicher.

Die Giftwirkungen des Paraxanthins ähneln bis in's Einzelne denen des Xanthins und Theobromins, zum Theil auch denen des Caffeïns.[1] Jedoch ist die tödliche Dosis beim Paraxanthin eine bedeutend geringere, die Ausbreitung der Muskelerstarrung eine beschränktere.

2. Hr. A. BAGINSKY macht eine Demonstration zur reducirenden Wirkung der Bakterien.

Der Vortragende, der seit längerer Zeit mit der Untersuchung der Stoffwechselproducte einiger im Darmkanal der Kinder vegetirenden Bakterien in der chemischen Abtheilung des Berliner physiologischen Instituts beschäftigt ist, hat auf Anregung von Professor Kossel auch die reducirende Wirkung dieser Bakterien in den Bereich seiner Untersuchungen gezogen. Dieselben sind schon vor jetzt nahezu einem Jahre gemacht worden, völlig unabhängig von den in der Zwischenzeit publicirten Versuchen von Spina und Rózsahegyi. Die Versuche wurden derart angestellt, dass mit sterilisirtem Methylenblau versetzte und neuerdings sterilisirte Koch'sche 10% Fleischpeptongelatine mittelst Stich mit Bakterien geimpft wurde. Es stellte sich heraus, dass die Gelatine von den im Darmkanal der Kinder unter normalen Verhältnissen vorkommenden Bakterien, zuerst in der nächsten Umgebung des Stichkanals und zwar zumeist in der Mitte und am Grunde desselben, nach einiger Zeit aber auch in der weiteren Umgebung des Stichkanals entfärbt wird. Bacterium lactis und Bact. coli (Escherich) wirken nahezu in gleicher Weise entfärbend. Diese Entfärbung beruht nach schon bekannten Thatsachen auf Reductionswirkung, wie dies u. a. der Versuch ergiebt, dass wässerige Methylenblaulösung mit dem stark reducirenden hydro-schwefligsaurem Zinkoxyd in Berührung gebracht, sofort seine blaue Farbe einbüsst und farblos erscheint. — Bei pathologischen Processen hat Redner aus dem kindlichen Darmtractus einen plumpen Bacillus isolirt, der dem Friedländer'schen Pneumoniecoccus sehr ähnlich, wahrscheinlich mit demselben identisch ist; auch diesem ist die reducirende Fähigkeit, wenngleich nicht in sehr hohem Maasse, eigen. — Bei den Sommerdiarrhoen der Kinder treten verflüssigende Bakterien in den Faeces auf, ein Bacillus, welcher im Stichkanal die Gelatine zunächst fest lassend, dieselbe von der Oberfläche her in der ganzen Breite allmählich verflüssigt, und ein anderer, welcher die Gelatine rasch verflüssigt und einen grünlichen Farbstoff absondert. Beide üben energisch reducirende Wirkungen auf die mit Methylenblau gefärbte Gelatine. Dieselbe wird auch bei dem sonst den grünlichen Farbstoff liefernden Bacillus nahezu weiss, bei beiden beginnt indess die Gelatine in dem Maasse, als die Verflüssigung fortschreitet, allmählich von oben her wieder die blaue Farbe anzunehmen, als ein Beweis, dass die reducirende Wirkung in dem Maasse, als der Sauerstoff der Luft einwirkt, allmählich schwindet und an Stelle der Reduction wieder Oxydation eintritt. — Sehr bemerkenswerth ist, dass die von

[1] Vergl. hierüber Wilhelm Filehne: „Ueber einige Wirkungen des Xanthins, des Caffeïns und mehrerer mit ihnen verwandter Körper.“ *Dies Archiv*, 1886. S. 72.

den Bakterien abgesonderten, die Reductionswirkung bedingenden Stoffe sich auf weitere Entfernungen hin, von den Bakterien weg verbreiten. Es findet in der Gelatine-Diffusion dieser Stoffe statt. Diese Diffusion hat der Vortragende durch folgende Versuche anschaulich gemacht: Giesst man auf die mit Methylenblau gefärbte, sterile, wieder festgewordene Gelatine eine mit hydro-schwefligsaurem Zinkoxyd versetzte, ebenfalls sterile Gelatine unter Cautelen, dass Keime aus der Luft beim raschen Uebergiessen nicht eindringen können, so dass das Ganze also steril bleibt, so sieht man, nachdem die Gelatine völlig erstarrt ist, nach einiger Zeit in der ursprünglich gefärbten Gelatine Entfärbung auftreten, die von der Berührungszone beide Gelatinesorten langsam und stetig vordringt; dies ist ein sicherer Beweis dafür, dass die reducirende Substanz in die Farbe eindringt und umgekehrt. Nach genügend langer Zeit zeigt sich am oberen Rande der der Luft zugängigen mit der reducirenden Substanz versetzten Gelatine ein blauer Rand, der das Vorhandensein des Methylenblaues durch stattgehabte Diffusion documentirt. Der Versuch gelingt stets, man mag die gefärbte Gelatine zu unterst oder oberst in dem Reagensglas aufschichten. Man kann überdies, wie weitere Versuche ergeben haben, die Diffusion auch durch Thoncylinder, die in gefärbte Gelatine eingebracht sind und die mit der sterilen reducirenden Substanz beschickt werden, stattfinden lassen; und auch nach Impfung der in den Thoncylindern befindlichen Gelatine mit Bakterien wird die dieselben umgebende, gefärbte Gelatine entfärbt — ein Beweis dafür, dass reducirende Stoffwechselproducte der Bakterien diffundirt sind. —

Die Bedeutung dieser Diffusionsversuche für die Erklärung der septicaemischen Krankheitsprocesse im Thierkörper ist in die Augen springend. Es ist für die septische Infection das Eindringen der Bakterien in die Blutbahn nicht nothwendig, vielmehr genügt das Wachsthum pathogener Bakterien an irgend einer beschränkten Stelle des Organismus und die Diffusion ihrer pathogenen Stoffwechselproducte in die Gewebsflüssigkeit, um durch den Lymphstrom oder die Blutmasse allgemeine septische Infection zu Stande zu bringen. Die Diffusionsfähigkeit der von den Bakterien gebildeten Stoffe macht es erklärlich, dass Bakterien mittels derselben gegen einander feindselige Wirkungen üben, wie dies überdies schon bei der Wachsthumsbehinderung bei zahlreich ausgestreuten Keimen auf Gelatineplatten ersichtlich ist, eine Thatsache, auf welche jüngst Garré aufmerksam gemacht hat; vielleicht ist die Zeit nicht fern, wo die Therapie denselben Weg einschlägt, um die stattgehabte Infection im Organismus unschädlich zu machen.

3. Hr. Gad spricht für Hrn. F. Donaldson jr., (a. G.) Ueber eine Methode, das Herz von Warmblütern zu isoliren und überreicht ein Manuscript des Letzteren über diesen Gegenstand.

Die folgende Methode für unmittelbare Untersuchungen am Säugethierherzen ist erdacht von Hrn. H. Newell Martin (Professor für Biologie an der Johns Hopkins University, Baltimore) und zuerst von ihm im Jahre 1881 beschrieben worden. Seitdem haben wir die Methode in seinem Laboratorium fortgesetzt benutzt und sie wurde nach und nach von Prof. Martin und einigen seiner Schüler verändert und verbessert. In ihrem jetzigen Zustande lässt sie wenig zu wünschen übrig, wenn es sich darum handelt, an dem aus allen Nervenverbindungen gelösten und der mechanischen Einwirkung des Thorax

entzogenen Warmblüterherzen Untersuchungen anzustellen. Sie ist auch für das Herz der Schildkröte und des Frosches benutzt worden.

Der allgemeine Plan dieser Methode war, den Thorax zu eröffnen, mit Unterhaltung künstlicher Athmung und mit Intactlassung der Lungen und des Lungen-Blutlaufs; dann eine lange Röhre in die Aorta zu legen gerade unter ihrem Bogen und all die Aeste zu verschliessen, die von der Aorta ausgehen, ausgenommen die Coronar-Arterien, und nun noch das grosse Venen-System nahe dem Herzen zu schliessen, ausgenommen eine Vene, die mit einem Behälter, der defibrinirtes Blut enthält, in Verbindung gesetzt wird. Dieser Behälter communicirt mit der Ausflussröhre aus der Aorta. So war das ganze Circulations-System gebildet von dem Coronar-System, dem Lungen-System und einer Reihe von Gummiröhren, die von der Aorta ausgehen und zum rechten Vorhof zurückkehren. Das Herz und die Lungen, genügend mit Blut versehen, behalten lange ihre Functionsfähigkeit und das Herz kann in dieser Art stundenlang normal und kräftig schlagend erhalten werden. Die Einzelheiten der Versuchsmethode waren folgende: In der Regel wurden kleine Hunde gebraucht, sie wurden tief narkotisirt unter subcutaner Anwendung von Morphium vor dem Beginn der Operation. Dann wurde die Tracheotomie gemacht; die Vena jugularis externa blossgelegt an einer Seite des Halses, eine genügende Curare-Lösung injicirt, um die Reflex-Contractionen der Muskeln zu verhindern. Die künstliche Athmung wurde gleichmässig mittels einer kleinen Pumpe unterhalten, sobald das Curare seine Wirkung auf die Respirations-Muskeln zu äussern begann. Der weitere Gang der Operation war wie folgt: Die Vagus- und Sympathicus-Stämme wurden an jeder Seite des Halses durchtrennt, eine Canüle in die rechte Carotis communis gelegt und die linke unterbunden. Danach wurde das erste Paar Rippenknorpel und das mit ihnen verbundene Sternum entfernt zugleich mit dem Episternum. Dann wurden die Aae. mammariae internae unterbunden in ihrem Laufe von der Subclavia zum Brustbein. Die Haut und die übrige Gewebsdecke des Sternums sowie die Rippenknorpel wurden zunächst entfernt und das Brustbein und die Rippenknorpel weggeschnitten bis zum Zwerchfell hinab. Dann wurde das Meiste der rechten Seite des Thorax entfernt, einige Intercostal-Arterien theils unterbunden, theils mit Schieberpincetten versehen. Die rechte A. subclavia wurde blossgelegt und unterbunden, da wo die Carotis von ihr ausgeht. Das Gleiche geschah mit der Vena cava superior, zwei Ligaturen wurden lose darum gelegt, um nachher gebraucht zu werden. Die rechte Vena azygos wurde unterbunden dicht bei ihrem Eintritt in die Cava superior und eine Ligatur wurde lose um die Cava inferior gelegt gerade über dem Zwerchfell. Um auf die linke Seite der Brust überzugehen, wurde die A. subclavia unterbunden und während die linke Lunge vorsichtig bei Seite gelegt wurde, wurde die Aorta isolirt und blossgelegt bis nahe dem Zwerchfell. Eine Ligatur wurde lose um die Blutgefässe gerade unter ihrem Bogen gelegt und eine starke Klammer an diesem befestigt seitwärts dieser Ligatur. Nachdem eine Oeffnung in die Aorta thoracica nahe ihrem hintern Ende gemacht war, wurde eine mit defibrinirtem Blut gefüllte Canüle in das Gefäss eingeführt und nach Entfernung der Aorten-Klammer zum linken Ende des Aortenbogens geschoben, wo die oben erwähnte Ligatur fest angelegt war. (Diese Aorten-Canülen bestehen aus dünnen Messingröhren und werden in verschiedenen Grössen zur Hand gehalten, so dass immer eine gefunden werden kann, die fest in die Thier-Aorta einpasst und dicht von den

elastischen Gefässwänden umschlossen wird. Die Canüle hat an ihrem einen Ende ein Stück Gummiröhre mit einer Klammer, die fest geschlossen wird, sobald die Röhre vor ihrer Einführung in die Arterie mit defibrinirtem Blut gefüllt ist.) Die Ligatur um die Vena cava inferior wurde nun angelegt und eine mit defibrinirtem Blut gefüllte Canüle so schnell als möglich in die Cava superior eingeschoben und befestigt.

So war das ganze Arteriensystem, ausgenommen die Coronariae des Herzens, geschlossen. Eine Carotis communis hatte eine Canüle in sich, die andere war unterbunden; beide Subclaviae wurden unter dem Punkt, wo sie Aeste abgeben, unterbunden, die Aortencanüle im Gefäss befestigt, gerade unter dem Bogen, wo weder Bronchial- noch Intercostal-Aeste abgegeben werden.

Das Thier wurde jetzt so schnell als möglich in einen warmen, feuchten Raum gebracht, welchen wir mit seinen zugehörigen Theilen nun zu beschreiben haben. Er misst 125 ^{cm} in der Länge, 65 ^{cm} in der Breite und für den grössten Theil seiner Länge 65 ^{cm} in der Höhe. An einem Ende jedoch ist seine Höhe 130 ^{cm}. Er hat keinen Boden, aber wenn im Gebrauch, ist er in einem mit Wasser angefüllten hohlen eisernen Trog befestigt und durch Stützen emporgehoben, welche zulassen, dass ein Bunsen'scher Brenner darunter zu stellen ist, vermittelst dessen die Luft in dem Kasten feucht und warm erhalten wird. Das Dach, die Seiten und eine Stirnwand sind mit Glasscheiben versehen. Die andere Stirnwand ist von Holz mit durchbohrten Löchern, durch welche verschiedene Röhren gehen. Der Zweck für die Durchsichtigkeit durch die Glaswände des Kastens ist, dass sie einen sofortigen Einblick gestatten. Es ist möglich, dass das Glas durch die eindringenden Wasserdämpfe während des Experimentes beschlagen wird. Dieser Nachtheil kann jedoch nahezu ganz vermieden werden, indem man das Innere der Glaswände mit Glycerin bestreicht. Eine Seite dieses warmen Behälters ist so arrangirt, dass sie leicht entfernt und wieder eingesetzt werden kann. In ihr befinden sich auch verschiedene Thüren, die man öffnen und schliessen kann, ohne die ganze Seite des Kastens zu entfernen. In dem Kasten sind 2 Mariotte'sche Flaschen, jede von 2 Liter Inhalt. Die Flaschen sind in jeder Hinsicht gleich, aber so arrangirt und verbunden, dass jede nach Wunsch bald das Herz mit Blut versehen, bald dasselbe von ihm empfangen kann, und zwar stets unter einem beständigen und gewählten Druck, ohne dass der Kasten eröffnet zu werden braucht. Jede der Flaschen A und A′ ist mit dichten Korken geschlossen, durch welche je vier Röhren gehen a b c d und a′ b′ c′ d′. Die Röhren a b und a′ b′ münden dicht unter dem Kork, die übrigen gehen bis in die Nähe der Flaschenböden und zwar reichen c und c′ etwas tiefer als d und d′. Die Röhren a und a′ dienen dem Zufluss aus einem erhöht angebrachten Trichter, in welchen das Herz das Blut durch das Aortenrohr pumpt. Die Röhren c und c′ dienen dem Abfluss nach der an die Vena cava superior eingebundenen Canüle. Die Röhren b und b′ dienen dem Luftaustritt, wenn die betreffende Flasche zum Ansammeln des Blutes benutzt wird, die unter dem Flüssigkeitsspiegel mündenden Röhren d und d′ dienen dem Lufteintritt, wenn das betreffende Gefäss — als Mariotte'sche Flasche wirkend — das Blut unter constantem Druck der Vena cava zusenden soll. Dient A als Sammelgefäss und A′ als Druckgefäss, so ist a mit dem Aortentrichter verbunden, b geöffnet, c und d geschlossen, c′ mit der Vena cava verbunden, d′ geöffnet, a′ und b′ geschlossen und umgekehrt. Die Röhrenverbindungen sind so eingerichtet, dass die Umschaltung durch Drehung von 6 Hähnen an der Aussenseite der

hölzernen Stirnwand des Wärmekastens erfolgt. Zum Durchleiten wird defibrinirtes Blut vom Hunde oder vom Kalbe genommen. Ersterem gebührt der Vorzug, doch kann auch letzteres, welches ja in der erforderlichen Menge leichter zu beschaffen ist, gute Dienste leisten, wenn es von noch säugenden Kälbern stammt. Blut von Kälbern, welche auf andere Weise gefüttert waren, erzeugt schnell Oedem an der durchbluteten Lunge, durch welches dem Versuch, welcher mit gutem Blut über 10 Stunden fortgesetzt werden kann, ein vorzeitiges Ende bereitet wird. Ehe die Operation am Hunde beendet wird, muss das Blut in der zuerst als Druckgefäss bestimmten Flasche auf Körpertemperatur vorgewärmt und das Abflussrohr aus derselben bis zur Verbindung mit der Canüle in der Vena cava damit gefüllt sein. Dann wird die Operation schnell zu Ende geführt, das Thier in den Wärmekasten gebracht, das Athemrohr durch die Wand desselben geleitet, die Verbindung der Vena cava mit dem Druckgefäss hergestellt, welches mit dem unteren Ende seiner Mariotte'schen Röhre etwa 10 ^{cm} über dem Herzen sich befindet, die Klemme von der Aorta entfernt und das Herz pumpt nun Blut aus dem Druckgefäss durch die künstlich ventilirten Lungen und durch den Coronarkreislauf in den passend erhöhten Trichter, aus welchem es in das Sammelgefäss abfliesst, nachdem die ersten, zum Auswaschen des nicht defibrinirten Blutes aus den durchströmten Organen erforderlichen Portionen besonders aufgefangen worden und weggegossen sind. Ist die zuerst als Druckgefäss benutzte Flasche nahezu leer, die andere nahezu voll gelaufen, so findet die oben erörterte Umschaltung statt und so kann dasselbe Blut stundenlang ohne Störung zur Speisung des fort und fort arbeitenden Herzens dienen. Gerinnungen treten nicht ein, woraus zu schliessen ist, dass im überlebenden Herzen und in der überlebenden Lunge kein Fibrinogen gebildet wird. Nach Belieben kann unabhängig von einander der venöse Drnck, der arterielle Druck und die Temperatur des Herzens oder des Blutes geändert und es können zeitweise differente Substanzen dem durchströmenden Blute beigemengt werden. Von einem mit der Carotis communis dextra verbundenen Manometer werden Druck und Pulscurven aufgeschrieben, die Pulsfrequenz, die Stromintensität und die Herzarbeit können als Functionen der genannten Variablen studirt werden.

Folgende Untersuchungen wurden nach der besprochenen Methode angestellt:

I. Von Prof. Martin.

1. „A new method of studying the mammalian heart". Studies from the Biological Laboratory, Johns Hopkins University, II, p. 119, June 1881.
2. „Observations upon the direct influence of variations of arterial pressure upon the rate of beat of the mammalian heart". Ibid. p. 213, March 1882.
3. „The direct influence of gradual variations of temperature upon the rate of beat of the dog's heart". Philos. Trans. Roy. Soc. Part. II, 1883, p. 663.

II. Prof. Martin and F. Donaldson jr.
„Experiments in regard to the supposed „suction pump" action of the mammalian heart". St. fr. the Biol. Lab. J. H. U. 1887.

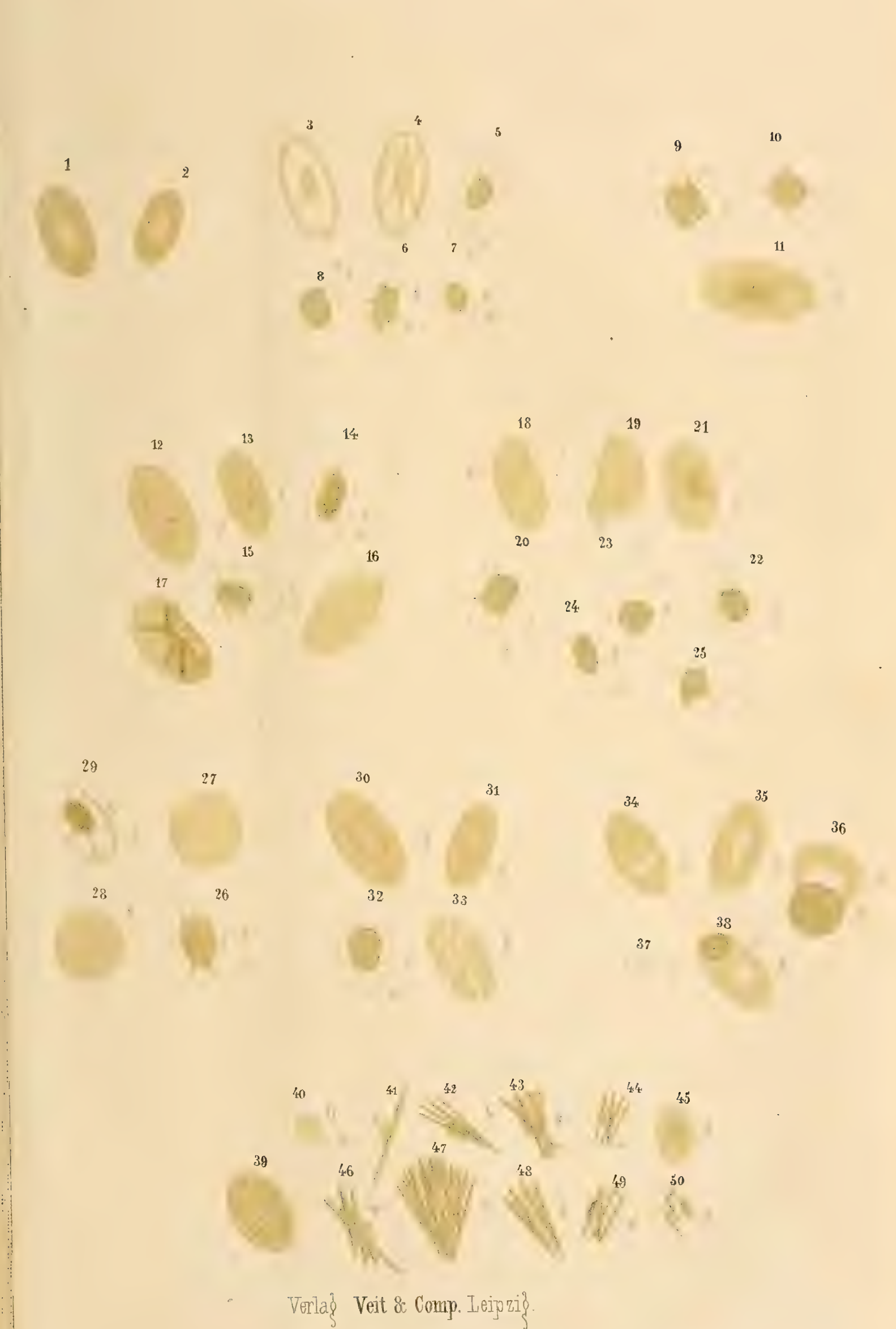
III. Prof. Martin and L. P. Steffens.
„The effect of alkohol on the isolated heart of the dog." Ibid. 1883.

IV. F. Donaldson jr. and W. H. Howell.
„Experiments upon the isolated heart of the dog with reference to
a. The maximum volume of blood sent out by the left ventricle in a single beat and
b. The influence of variations in venous pressure, arterial pressure and pulse rate upon the work done by the heart.“
Philos. Trans. Roy. Soc. Part. I, 1884, p. 139.

V. H. G. Bryer. „The influence of Atropin upon the dog's heart.“ Amer. Journ. Med. Science, July 1886.

Die wesentlichsten durch diese Arbeiten gewonnenen Einsichten sind folgende:

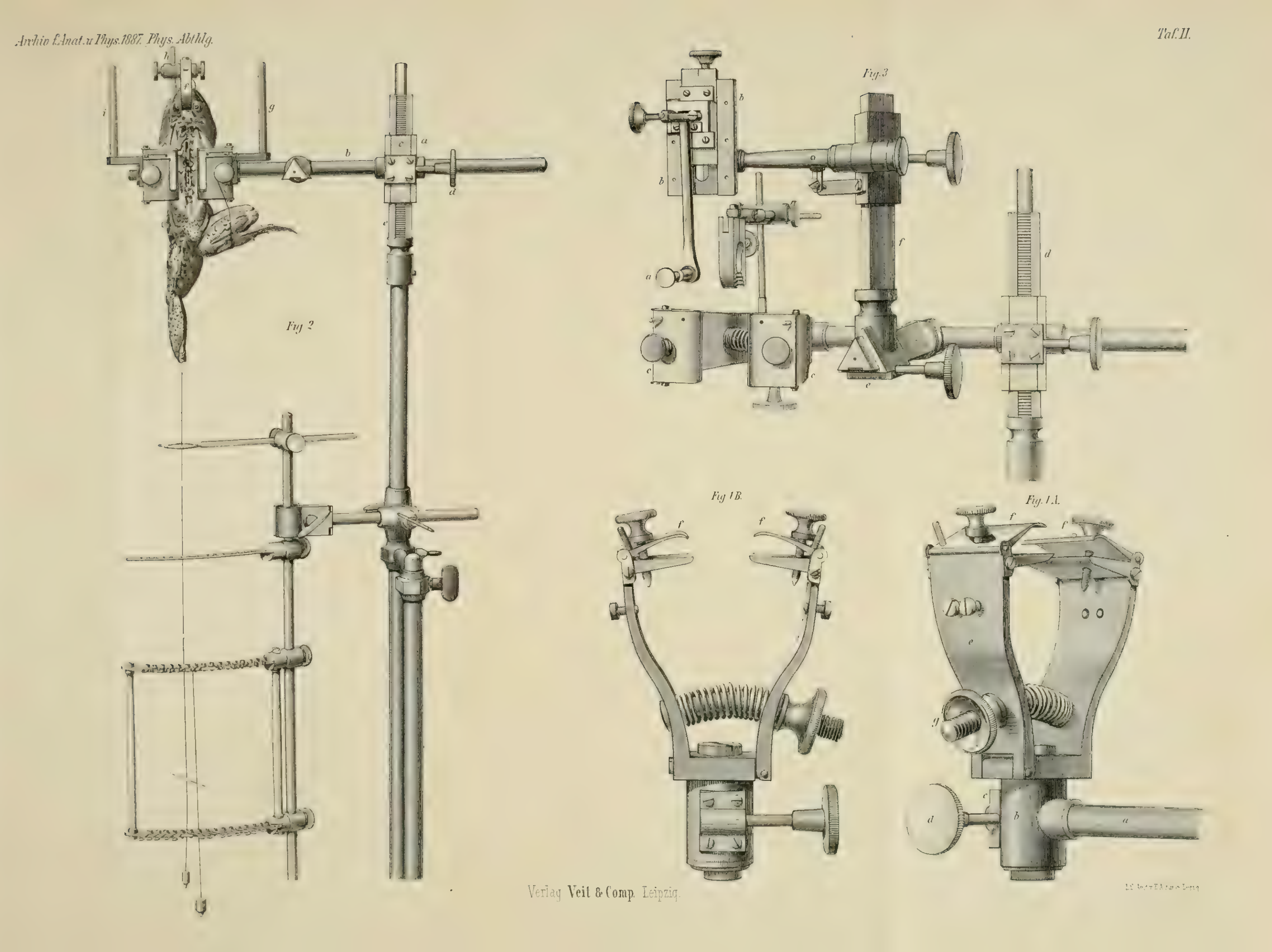
In den durchbluteten überlebenden Organen, Herz und Lunge wird kein Fibrinogen gebildet, denn obgleich das benutzte Blut die anderen zur Fibrinbildung erforderlichen Substanzen enthält, werden die Versuche durch Gerinnungen nicht gestört. — Die Schlagzahl des isolirten Säugethier-Herzens nimmt mit wachsender Temperatur zu, mit sinkender ab, in letzterem Falle wächst in gewissen Grenzen die Stromintensität und die Arbeitsleistung des Herzens. — Die Stromintensität wird in weiten Grenzen durch Aenderung des arteriellen Druckes nicht geändert, während mässiges Wachsen des venösen Druckes über den gewöhnlich angewendeten Werth von 10 cm Wasser hinaus die Stromintensität und die Arbeitsleistung des Herzens bedeutend steigert. — Die unter günstigsten Bedingungen mit der einzelnen Systole des isolirten Hundeherzens geförderte Blutmenge ist erheblich grösser, als sie unter Zugrundelegung von Fick's Schätzung für den Menschen zu erwarten wäre, und nähert sich der nach den Ansichten von Vierordt, Volkmann u. A. zu erwartenden Menge. — Das isolirte Hundeherz hört auf, Blut zu fördern, wenn der venöse Druck auf Null sinkt, es wirkt also nicht als Saugpumpe.



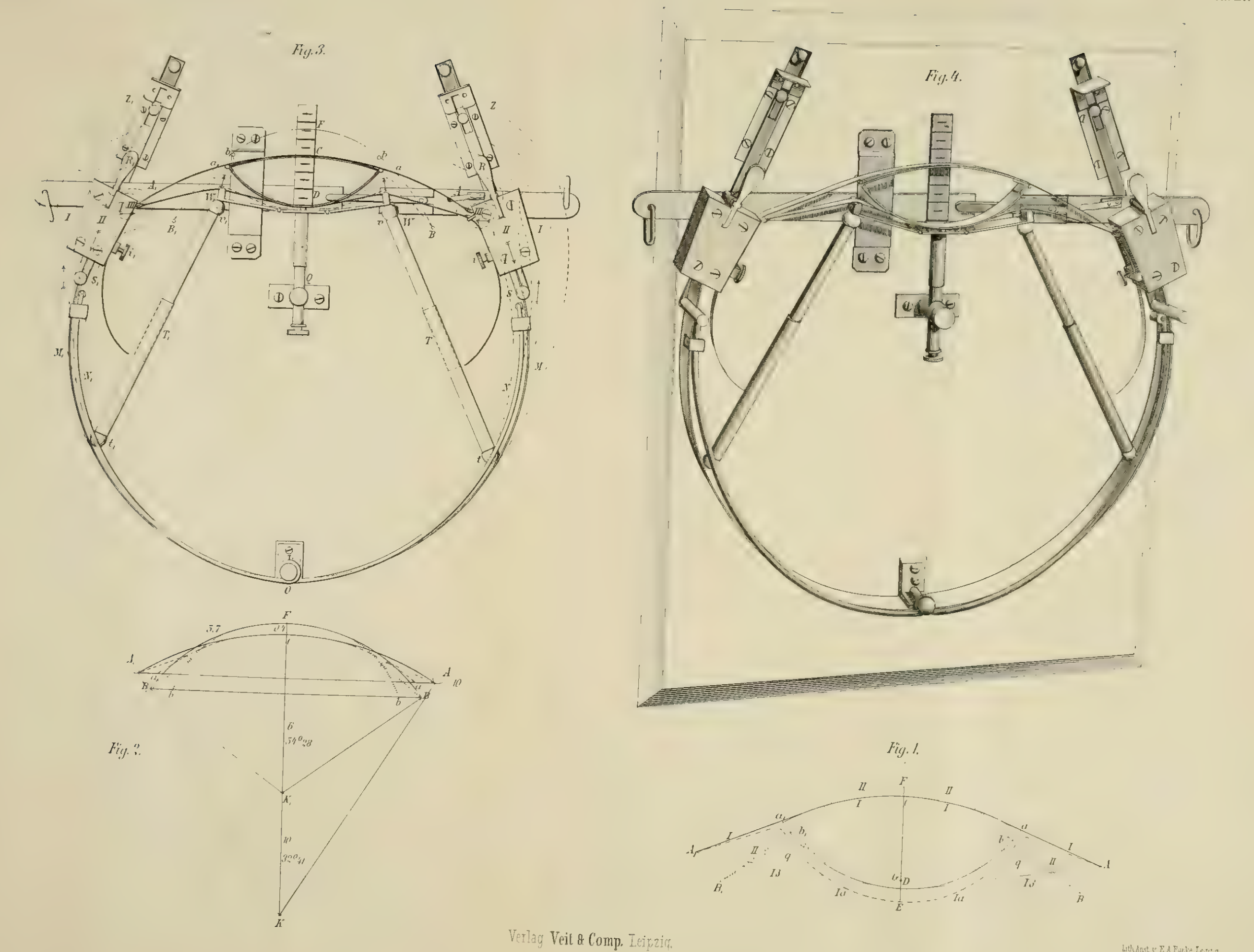
Verlag Veit & Comp. Leipzig.

Dr. A. C. Oudemans Jansz. et Dr. J. Mac Leod. del.

Nikerk, hof Lith. Utrecht

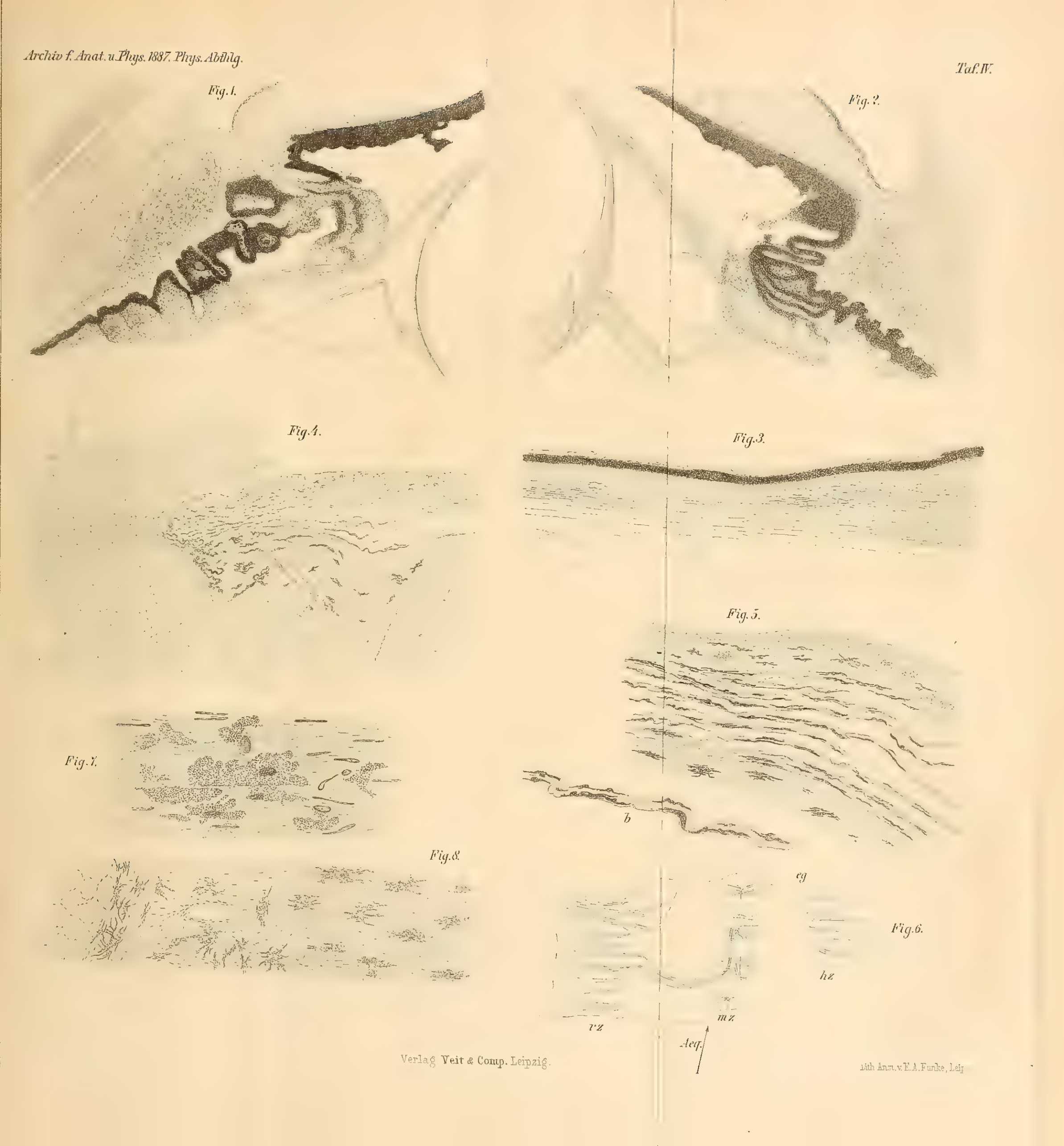


Verlag Veit & Comp. Leipzig.



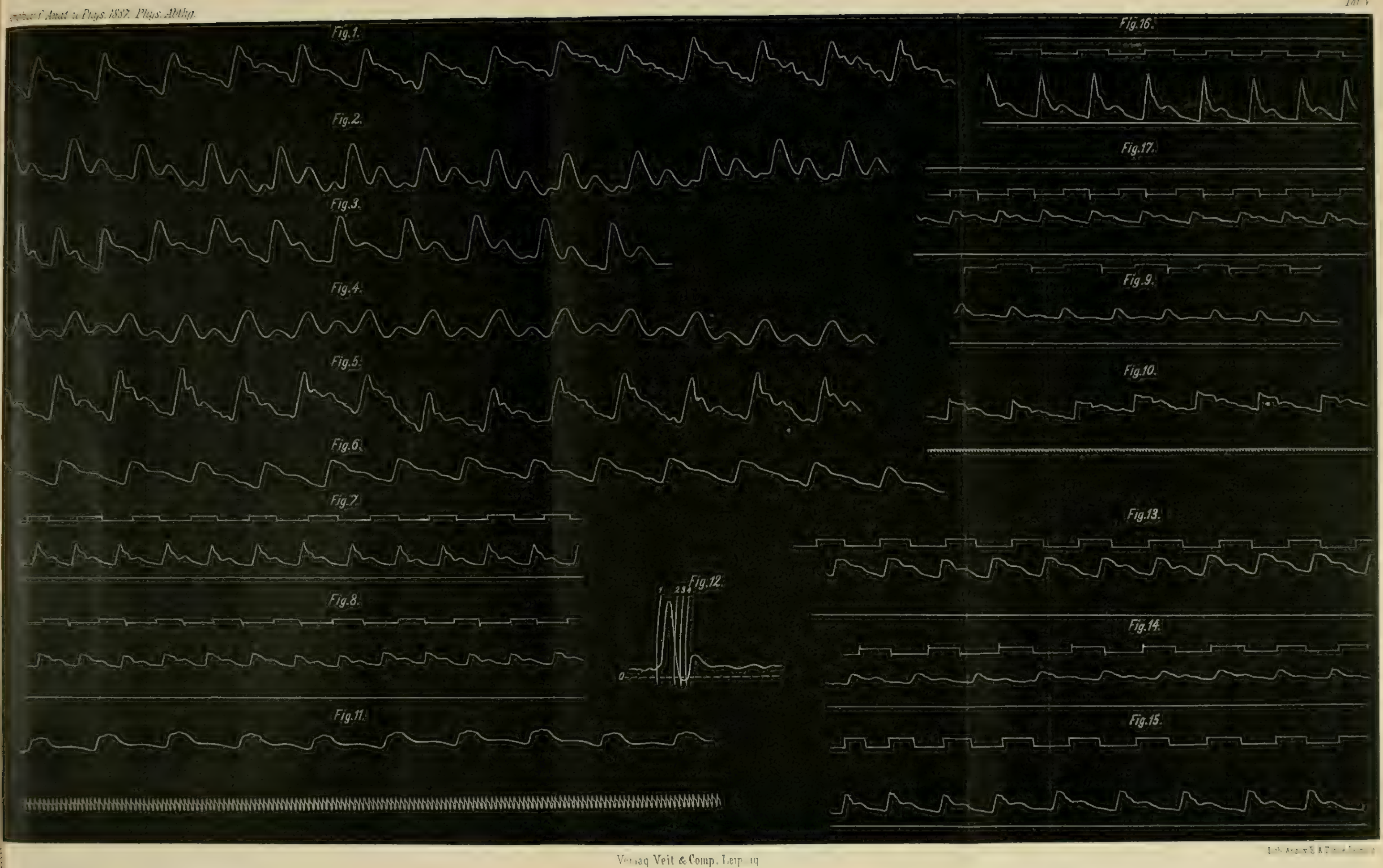
Verlag Veit & Comp. Leipzig.

Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig

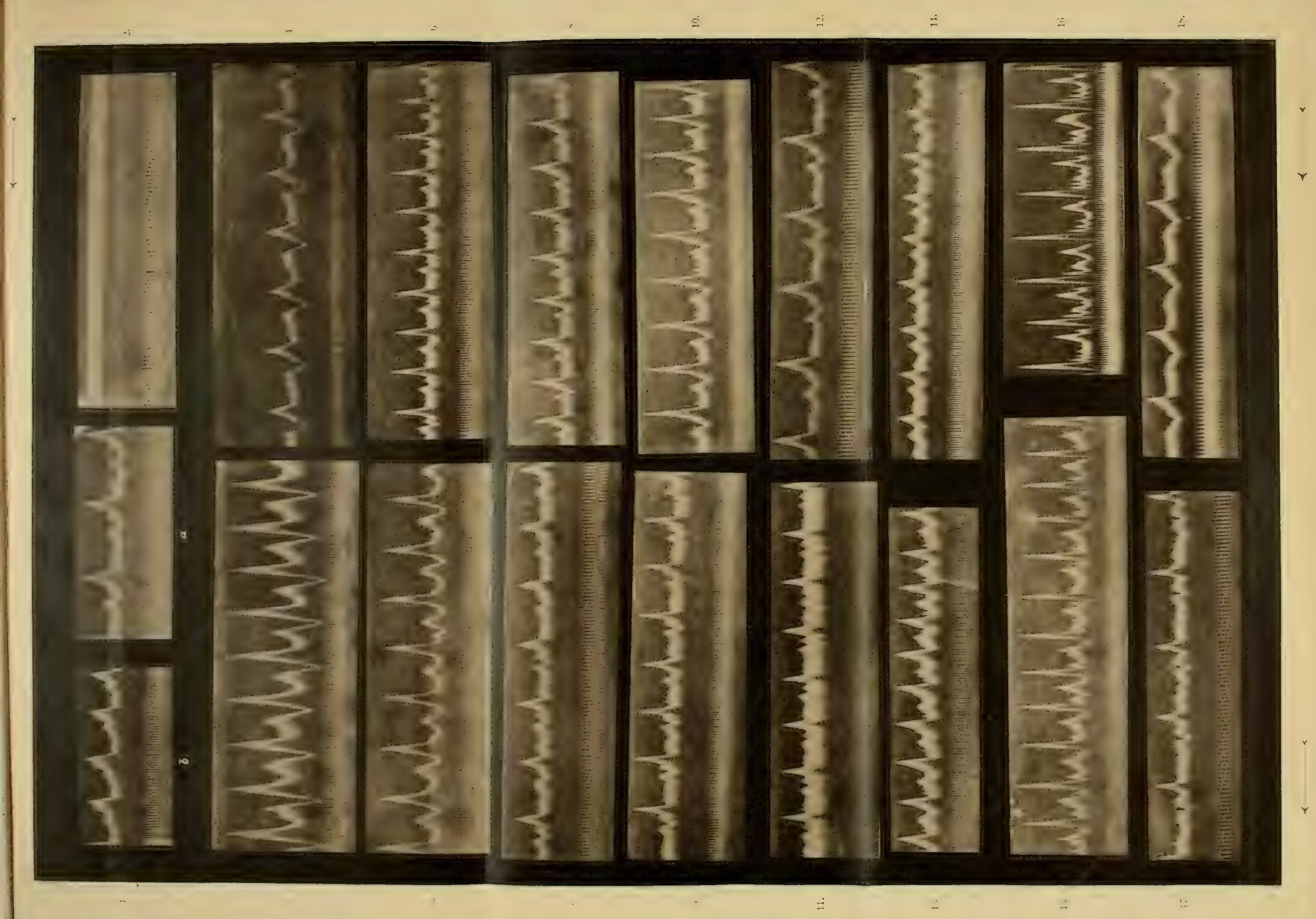


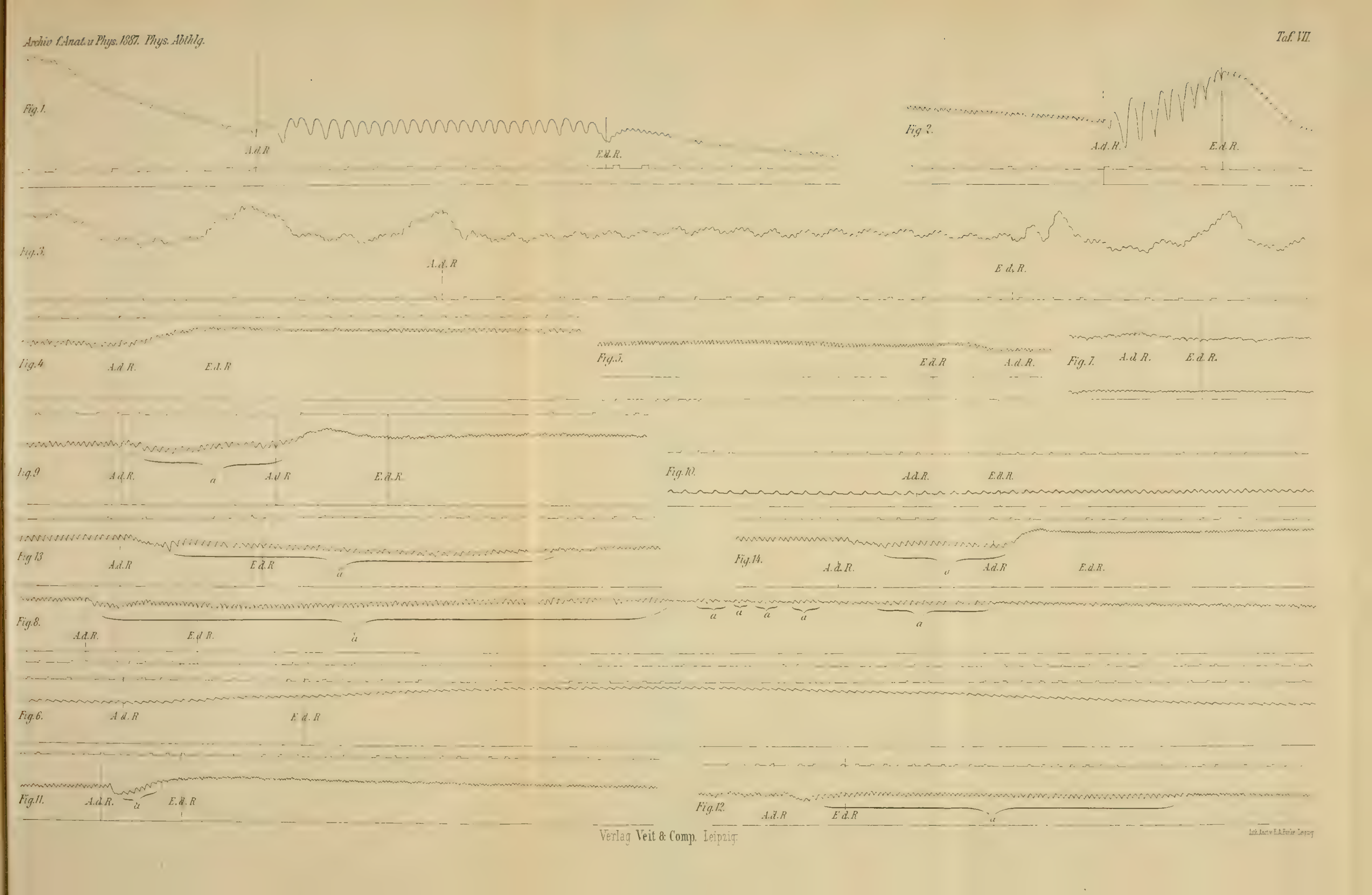
Verlag Veit & Comp. Leipzig.

Lith Anst. v. E. A. Funke, Leip

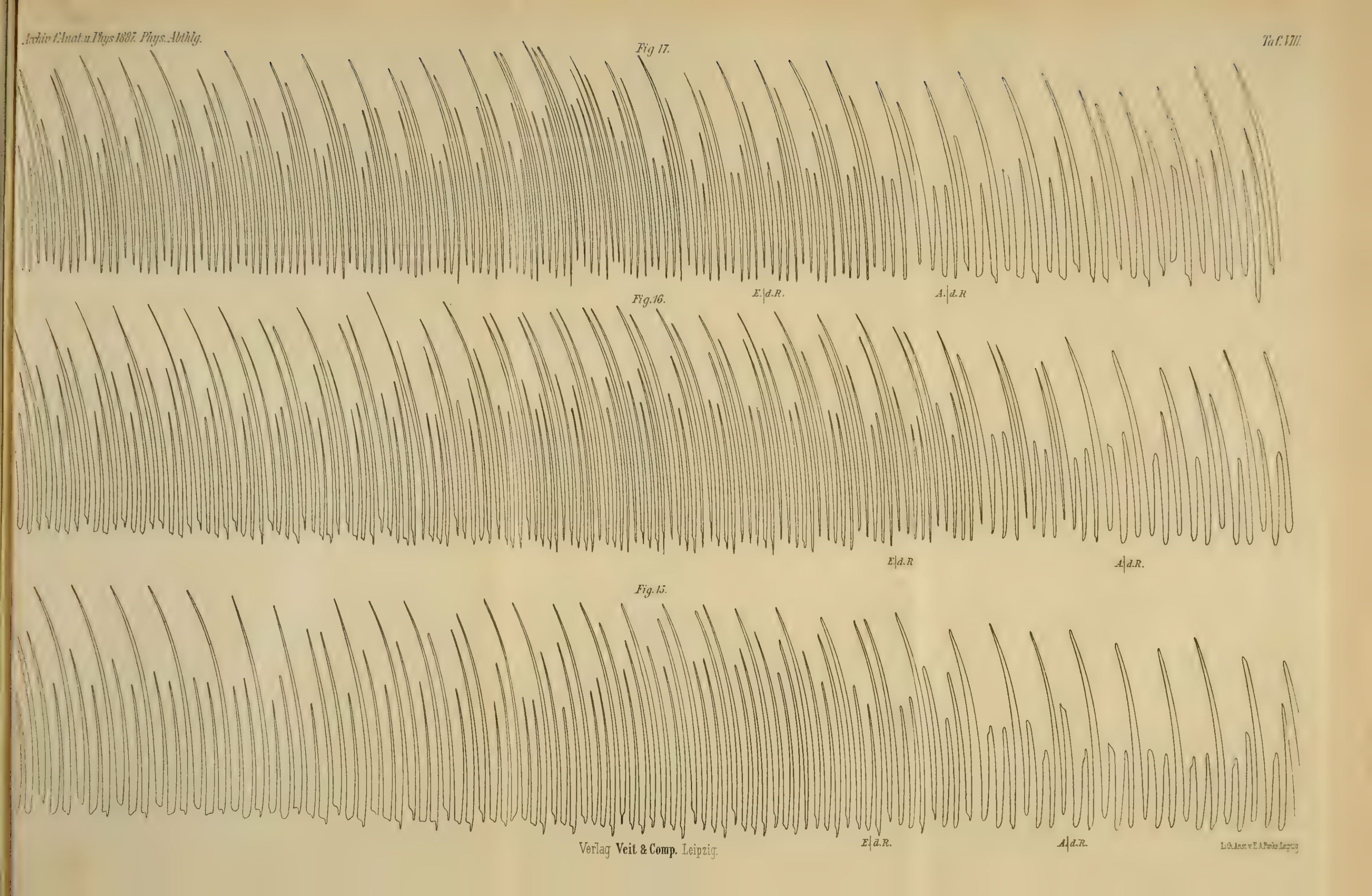


Verlag Veit & Comp. Leipzig





Verlag Veit & Comp. Leipzig.



Verlag Veit & Comp. Leipzig.
Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig

7383.
April 18. 1887

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

FORTSETZUNG DES VON REIL, REIL u. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT u. DU BOIS-REYMOND HERAUSGEGEBENEN ARCHIVES.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. WILH. HIS UND DR. WILH. BRAUNE,
PROFESSOREN DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG,

UND

DR. EMIL DU BOIS-REYMOND,
PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1887.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG.

ERSTES UND ZWEITES HEFT.

MIT SIEBZEHN ABBILDUNGEN IM TEXT UND ZWEI TAFELN.

LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1887.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen des In- und Auslandes.

(Ausgegeben am 15. März 1887.)

Inhalt.

Die Herren Mitarbeiter erhalten *vierzig* Separat-Abzüge ihrer Beiträge gratis.

Beiträge für die **anatomische Abtheilung** sind an

Professor Dr. **W. His** oder Professor Dr. **W. Braune**
in Leipzig,

Beiträge für die **physiologische Abtheilung** an

Professor Dr. **E. du Bois-Reymond**
in Berlin, N.W., Neue Wilhelmstrasse 15,

portofrei einzusenden. — **Zeichnungen** zu Tafeln oder zu Holzschnitten sind auf **vom Manuscript getrennten** Blättern beizulegen. Bestehen die Zeichnungen zu Tafeln aus einzelnen Abschnitten, so ist, **unter Berücksichtigung** der Formatverhältnisse des Archives, denselben eine **Zusammenstellung,** die dem Kupferstecher oder Lithographen als Vorlage dienen kann, beizufügen.

7383
Oct. 8/1887

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

FORTSETZUNG DES VON REIL, REIL U. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT U. DU BOIS-REYMOND HERAUSGEGEBENEN ARCHIVES.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. WILH. HIS UND DR. WILH. BRAUNE,
PROFESSOREN DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG,

UND

DR. EMIL DU BOIS-REYMOND,
PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1887.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG.

DRITTES UND VIERTES HEFT.

MIT VIERUNDDREISSIG ABBILDUNGEN IM TEXT UND VIER TAFELN.

LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1887.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen des In- und Auslandes.

(Ausgegeben am 12. August 1887.)

Inhalt.

Die Herren Mitarbeiter erhalten *vierzig* Separat-Abzüge ihrer Beiträge gratis.

Beiträge für die anatomische Abtheilung sind an

Professor Dr. **W. His** oder Professor Dr. **W. Braune**
in Leipzig,

Beiträge für die physiologische Abtheilung an

Professor Dr. **E. du Bois-Reymond**
in Berlin, N.W., Neue Wilhelmstrasse 15,

portofrei einzusenden. — **Zeichnungen** zu Tafeln oder zu Holzschnitten sind auf **vom Manuscript getrennten** Blättern beizulegen. Bestehen die Zeichnungen zu Tafeln aus einzelnen Abschnitten, so ist, **unter Berücksichtigung** der Formatverhältnisse des Archives, denselben eine **Zusammenstellung,** die dem Kupferstecher oder Lithographen als Vorlage dienen kann, beizufügen.

7383
Jan. 9. 1888

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

Fortsetzung des von REIL, REIL u. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT u. DU BOIS-REYMOND herausgegebenen Archives.

HERAUSGEGEBEN

VON

Dr. WILH. HIS und Dr. WILH. BRAUNE,

PROFESSOREN DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG,

UND

Dr. EMIL DU BOIS-REYMOND,

PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1887.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG.

FÜNFTES HEFT.

MIT SECHS ABBILDUNGEN IM TEXT.

LEIPZIG,

VERLAG VON VEIT & COMP.

1887.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen des In- und Auslandes.

(Ausgegeben am 8. December 1887.)

Inhalt.

Die Herren Mitarbeiter erhalten *vierzig* Separat-Abzüge ihrer Beiträge gratis.

Beiträge für die **anatomische Abtheilung** sind an

Professor Dr. **W. His** oder Professor Dr. **W. Braune**

in Leipzig,

Beiträge für die **physiologische Abtheilung** an

Professor Dr. **E. du Bois-Reymond**

in Berlin, N.W., Neue Wilhelmstrasse 15,

portofrei einzusenden. — **Zeichnungen** zu Tafeln oder zu Holzschnitten sind auf **vom Manuscript getrennten** Blättern beizulegen. Bestehen die Zeichnungen zu Tafeln aus einzelnen Abschnitten, so ist, **unter Berücksichtigung** der Formatverhältnisse des Archives, denselben eine **Zusammenstellung**, die dem Kupferstecher oder Lithographen als Vorlage dienen kann, beizufügen.

7383. Mar. 26. 1888.

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

FORTSETZUNG DES VON REIL, REIL U. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT U. DU BOIS-REYMOND HERAUSGEGEBENEN ARCHIVES.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. WILH. HIS UND DR. WILH. BRAUNE,
PROFESSOREN DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG,

UND

DR. EMIL DU BOIS-REYMOND,
PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1887.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG.

SECHSTES HEFT.

MIT EINER ABBILDUNG IM TEXT UND ZWEI TAFELN.

LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1887.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen des In- und Auslandes.

(Ausgegeben am 1. Februar 1888.)

Inhalt.

Die Herren Mitarbeiter erhalten *vierzig* Separat-Abzüge ihrer Beiträge gratis.

Beiträge für die **anatomische Abtheilung** sind an

Professor Dr. **W. His** oder Professor Dr. **W. Braune**

in Leipzig,

Beiträge für die **physiologische Abtheilung** an

Professor Dr. **E. du Bois-Reymond**

in Berlin, N.W., Neue Wilhelmstrasse 15,

portofrei einzusenden. — **Zeichnungen** zu Tafeln oder zu Holzschnitten sind auf **vom Manuscript getrennten** Blättern beizulegen. Bestehen die Zeichnungen zu Tafeln aus einzelnen Abschnitten, so ist, **unter Berücksichtigung** der Formatverhältnisse des Archives, denselben eine **Zusammenstellung,** die dem Kupferstecher oder Lithographen als Vorlage dienen kann, beizufügen.



Acme
Bookbinding Co., Inc.
300 Summer Street
Boston, Mass. 02210

3 2044 093 332 674

